

Roda de Inércia

Marianna Vannucci
n°USP 6550801

1 Introdução

Este experimento visa estudar a inércia rotacional agindo em um corpo girando em um eixo fixo. A roda de inércia é o corpo utilizado no experimento e o movimento de rotação nela causado é dado pela queda de uma massa presa por um fio na roda, portanto, o movimento é acelerado. O objetivo do experimento é conhecer melhor os conceitos de inércia rotacional, aceleração angular e torque do peso (da massa). E por fim comparar os valores, para aceleração angular, experimentais com os teóricos.

2 Descrição experimental

2.1 Roda de Inércia

O disco de aço e acrílico que sofrerá a mudança de seu estado.



Figura 1: Elemento formado por um disco de aço e outro de acrílico.

2.2 Transferidor

O transferidor tem como objetivo aferir o ângulo do qual a roda foi deslocada. Os traços de referência na roda de inércia tem como função estabelecer parâmetro para seu deslocamento, através da leitura de sua posição em relação ao transferidor. Note que o transferidor é fixo, portanto não gira junto com a roda; e que a incerteza na aferição (do transferidor) é igual a metade do menor intervalo, portanto a incerteza utilizada nas contas é de $0,5^\circ$.



Figura 2: Objeto que possibilita a aferição do ângulo o qual a roda de inércia girou.

2.3 Massa

Objeto que tem função de provocar um torque, através de sua queda livre, pois o mesmo é preso a um fio, o qual está preso ao **disco de aço** da roda de inércia. Note, portanto, que neste experimento o braço do torque d é o raio do disco de aço.

2.4 Suporte

O suporte é constituído de uma base quadrada de madeira, uma haste de ferro que liga a base de madeira ao eixo de rotação (no centro do disco) e um fio de prumo que permite visulizar se o aparato está perfeitamente na vertical.



Figura 3: Objeto ao qual é fixado a roda de inércia, sendo o mesmo fixo na base de madeira.

3 Análise de dados e resultados obtidos

3.1 Análise Experimental

O início do experimento se dá quando os dados brutos para posição e tempo são tomados.

Tabela 1: Exposição dos dados onde t_i é o tempo, e θ_i é o valor do ângulo no i -ésimo instante.

θ_i (°)	t_i (s)
80	9,243
79,5	9,276
78	9,309
77,5	9,343
75,5	9,376
74	9,409
71	9,443
68,5	9,476
65	9,509
62	9,543
58	9,576
54	9,61
49	9,643
44	9,676
38	9,71

Agora refina-se um pouco os dados tomando a velocidade angular em um tempo médio, começando a preparar os dados para posteriormente construir um gráfico. A Tabela 2 mostra a relação de $\omega(\bar{t}_i)$ com t_i , e oferece os dados para a construção do gráfico a seguir.

Tabela 2: Valores de velocidade angular em função dos tempos médios.

$\omega(\bar{t}_i)$	$\sigma_{\omega(\bar{t}_i)}$	t_i (s)
-0,528887652	0,186990023	9,276
-0,520993807	0,184199127	9,3095
-0,651242258	0,184199127	9,3425
-0,925553391	0,186990023	9,376
-1,172236065	0,184199127	9,4095
-1,432732968	0,184199127	9,4425
-1,586662956	0,186990023	9,476
-1,693229871	0,184199127	9,5095
-1,823478323	0,184199127	9,5425
-2,083975226	0,184199127	9,5765
-2,34447213	0,184199127	9,6095
-2,644438261	0,186990023	9,643
-2,865465936	0,184199127	9,6765

Com os dados em mãos fica fácil construir um gráfico que mostre como a velocidade angular se comporta em relação ao tempo.

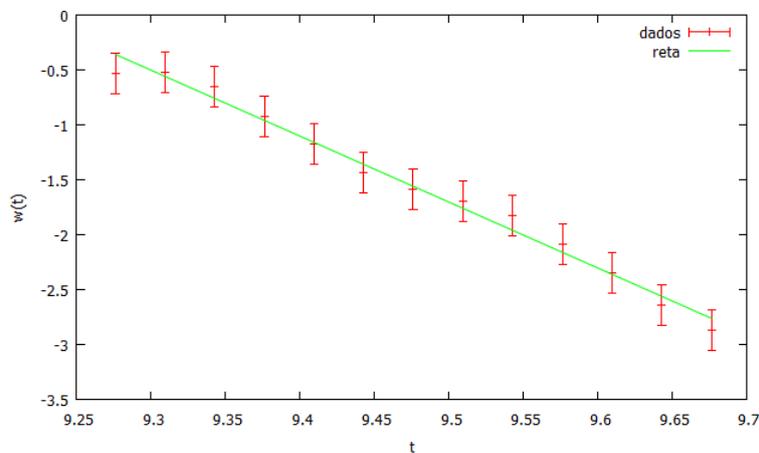


Figura 4: O gráfico das frequências em (s^{-1}) em função dos tempos médios em (s) dá a possibilidade de se traçar uma reta cujo coeficiente angular é a aceleração angular.

E nesse gráfico é traçada a melhor reta que passa pelos pontos da dispersão. Como visto a seguir:

$$y = -6.0019x + 55.315 \quad (\text{Eq. da reta})$$

O módulo do coeficiente angular dessa reta dá informação do valor experimental da aceleração angular α .

$$\alpha = 6.0019$$

O desvio do valor de α (σ_α) é dado diretamente pelo programa utilizado para os cálculos anteriores, e é tal que:

$$\sigma_\alpha = 0,3962$$

3.2 Análise Teórica

Uma vez com o α em mãos, inicia-se o cálculo da aceleração teórica da roda (α') para tal a fórmula a seguir supõe um sistema ideal, ou seja, desconsidera o atrito.

$$\alpha' = \frac{\tau}{I_{total}} = \frac{mgd}{\frac{m_a R_a^2}{2} + \frac{m_b R_b^2}{2}} \quad (1)$$

Onde τ é o torque devido ao peso do objeto pendurado no fio, I_{total} e o momento de inércia total da roda de inércia, m é a massa do objeto, d é p tamanho do braço onde está o objeto, m_a a massa de acrílico, m_b a massa de aço, R_a e R_b são os raios dos discos de acrílico e aço.

Para o cálculo da incerteza de α foi adotado:

$$\sigma_\alpha = \alpha \sqrt{\left(\frac{\sigma_\tau}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{I_{total}}}{I_{total}}\right)^2} \quad (2)$$

Onde $\sigma_\tau, I_{total}, \sigma_{I_{total}}$ e σ_I são dados por:

$$\sigma_\tau = \tau \sqrt{\left(\frac{\sigma_M}{M}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_d}{d}\right)^2} \quad (3)$$

$$I_{total} = I_a + I_b \quad (4)$$

$$\sigma_{I_{total}} = I_{total} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{I_a}}{I_a}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{I_b}}{I_b}\right)^2} \quad (5)$$

$$\sigma_I = I \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{2\sigma_R}{R}\right)^2} \quad (6)$$

Com as fórmulas anteriores foram obtidos os valores de α' de $\sigma_{\alpha'}$ a seguir:

$$\alpha' = 6,4710$$

$$\sigma_{\alpha'} = 0,0918$$

3.3 Comparação dos valores Experimental e Teórico

Para comparação dos valores experimental e teórico, utiliza-se a razão de um com o outro, quanto mais próxima de 1 mais próximo do valor teórico foi o valor experimental, em outras palavras, quanto mais próximo de 1, mais preciso foi o experimento. Para k e sua incerteza (σ_k) as fórmulas são as seguintes:

$$k = \frac{\alpha}{\alpha'} \quad (7)$$

$$\sigma_\alpha = \alpha \sqrt{\left(\frac{\sigma_\alpha}{\alpha}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\alpha'}}{\alpha'}\right)^2} \quad (8)$$

Então tem-se:

$$k = 0,9275$$

$$\sigma_k = 0,0626$$

3.4 Valores numéricos dos dados

Valores quantitativos usados neste experimento.

Disco de aço:

$$\text{Massa} = 3600 \pm 36(g)$$

$$\text{Raio} = 12745 \pm 0,005(cm)$$

Note que o braço do torque (d) neste caso (Situação A1) é o raio do disco de Aço.

Disco de Acrílico:

$$\text{Massa} = 65 \pm 0,65(g)$$

$$\text{Raio} = 3,97 \pm 0,001(cm)$$

Massa (peso que gera o torque):

$$\text{Massa} = 151,9 \pm 0,1(g)$$

Velocidade angular experimental:

$$\alpha = 6,0019 \pm 0,39627(s^{-2})$$

Velocidade angular teórica:

$$\alpha^* = 6,47094 \pm 0,91845(s^{-2})$$

Torque:

$$\tau = 1895310 \pm 1452(N)$$

Coefficiente de comparação k :

$$k = 0,9275 \pm 0,0626$$

4 Conclusão

Tomados os devidos cuidados com relação aos valores e suas incertezas cujas fórmulas foram checadas e os cálculos realizados no computador; a plotagem do gráfico que foi também realizada no computador, restaria apenas a incerteza na aferição a olho nú dos dados para que o experimento falhasse. Mesmo assim pode-se concluir que o experimento foi bem sucedido uma vez que o valor de k foi próximo de 1, fato que acorreria apenas se o mesmo fosse perfeito.