

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
JOINVILLE



FÍSICA EXPERIMENTAL I – FEX1001
Joinville/SC, 2025

Roteiro/Relatório da Experiência 4
Cinemática e dinâmica de rotações

| |
|-----------------------------|
| Equipe (Número da bancada): |
| Nomes |
| |
| |
| |
| |

Introdução

Como o torque e o momento de inércia afetam a aceleração angular de um objeto em rotação? Nesta investigação será obtido a cinemática do movimento pelo gráfico da velocidade angular $\omega(t)$ em função do tempo t para determinar a aceleração angular α e relacionar com torque τ e momento de inércia I a fim de verificar experimentalmente a cinemática e a dinâmica do movimento de rotação.

Objetivo

Determinar e verificar experimentalmente as equações da cinemática e da dinâmica de rotações.

Equipamentos fixos (não devem ser retirados/alterados da bancada da experiência)

- Sistema de pista inclinável com suporte de sensor de força e amortecedores elásticos (Pista)

Material (na bancada de manutenção, solicitar ao docente e devolver depois da experiência)

- 1 Sensor de rotação (Sensor): $\Delta\theta = 3,14 \times 10^{-3} \text{ rad}$, $\Delta t = 2 \text{ ms}$
- 1 Acessório de inércia
 - o 1 Haste: $L = (38,00 \pm 0,05) \text{ cm}$, $M_H = (27,00 \pm 0,01) \text{ g}$
 - o 2 Massas ajustáveis: $m = 2 \times (75,00 \pm 0,01) \text{ g}$
 - o 1 Super polia
- 1 Conjunto de massas: $m = 1 \times 10,00 \text{ g}$; $2 \times 20,00 \text{ g}$; $1 \times 50,00 \text{ g}$, $\Delta m = 0,01 \text{ g}$
- 1 Régua escolar: $\Delta x = 0,05 \text{ cm}$

Aplicativo/Software

- PASCO [SPARKvue®](#)

Cuidados

- Não deixe o sensor colidir violentamente, risco de dano permanente.
- Cada sensor tem um número ID próprio, ao conectar no software certifique se é da equipe.
- Não enrole o fio no eixo metálico do sensor, pois pode enroscar e travar o movimento.
- Desligue o sensor após a experiência.
- Não force a haste e o parafuso de fixação do acessório de inércia, risco de quebra.
- Salve a experiência no software para poder revisar posteriormente.

Montagem e configuração

O sistema (Sensor + Acessório de inércia) é formado por um sensor com polia de 3 etapas (peça plástica translúcida), acessório de inércia, super polia e fio enrolado no sentido horário na polia de maior raio R (valor na Tabela 1). Conecte o sistema (Figura 1) na barra fixa na bancada. Passe o fio horizontalmente e frontalmente entre a polia e a super polia e coloque as massas ajustáveis nas extremidades da haste de forma simetricamente opostas em relação ao eixo.

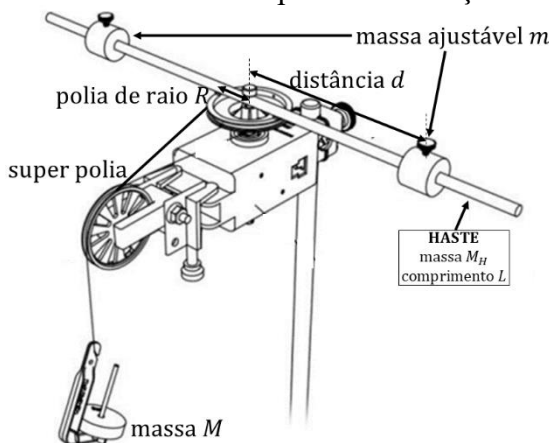


Figura 1: Montagem e configuração.

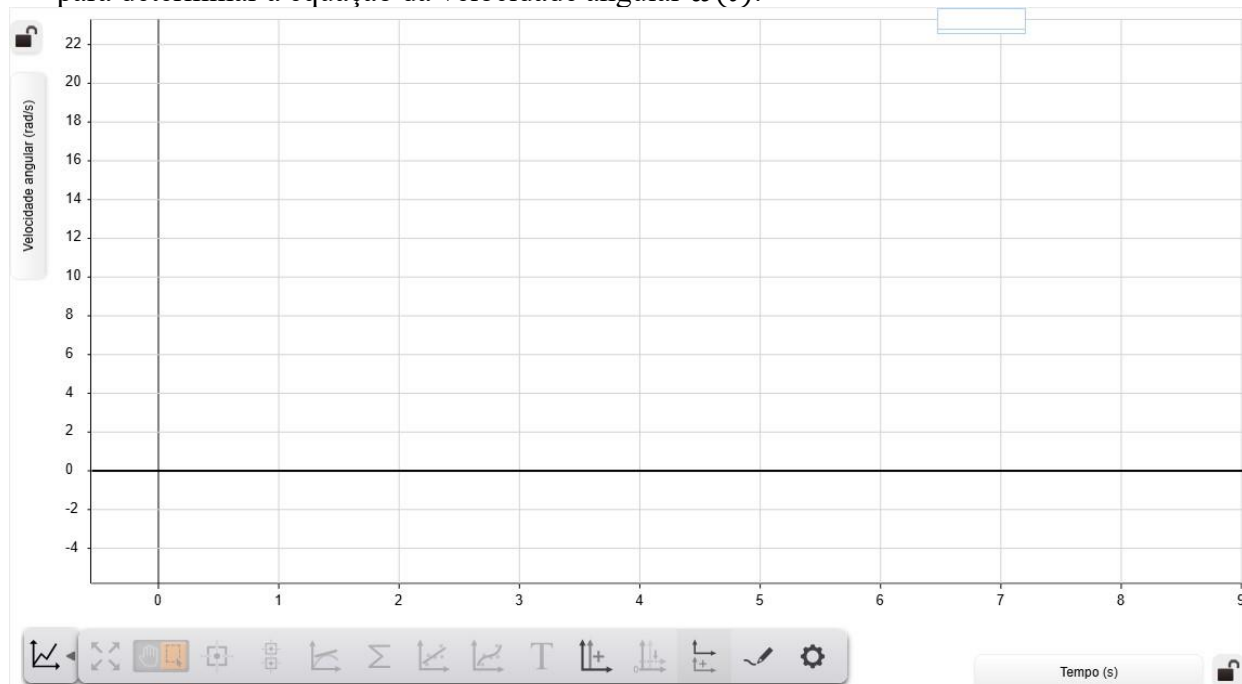
No aplicativo/software abra o arquivo experimental (“Abrir uma experiência da PASCO” → “Lab Stations” → “05 Physics” → “06 Rotational Dynamics.spklab”) e [conecte-o](#).

Etapa 1

1. [1,0] Observações

Pendure uma massa de $10,00\text{ g}$ na extremidade do fio a uma altura logo abaixo da super polia. Na página “T”, inicie a coleta de dados e solte a massa do repouso, verifique se o movimento é no sentido anti-horário. Pare a coleta de dados logo após a massa atingir o piso.

- a) Esboce na figura abaixo o gráfico da velocidade angular versus tempo. Use o ajuste da curva para determinar a equação da velocidade angular $\omega(t)$.



- b) Escreva a equação da cinemática velocidade angular $\omega(t)$. A aceleração angular é constante?
- c) O que é observado na aceleração angular quando aumenta a massa pendurada?
- d) O que é observado na aceleração angular quando as massas ajustáveis na haste são colocadas simetricamente opostas um pouco mais próxima do eixo?

2. [1,0] Experimentos

Qual é a relação da aceleração angular com o torque aplicado mantendo momento de inércia constante? A seguir são apresentados o procedimento experimental necessário para investigação.

Procedimento experimental

A experiência começa com o ajuste inicial da **Montagem e configuração**, com uma massa $M = 10,00\text{ g}$ pendurada na extremidade do fio a uma altura logo abaixo da super polia.

- a) Posicione o centro de massa (onde está o parafuso de fixação) das massas ajustáveis m na haste a uma distância d (escolhida arbitrariamente pelo docente, **entre 11 cm até a extremidade da haste**) simetricamente opostas em relação ao eixo com auxílio de uma régua e anote na unidade indicada da Tabela 1.
- b) Inicie a coleta de dados no software e libere a massa do repouso. Pare a coleta de dados logo após a massa atingir o piso e pare o movimento colocando a palma da mão lateralmente a haste em giro acompanhando o movimento com a palma para amortecer o movimento até parar. Determine a aceleração angular α do sistema apenas durante a queda da massa pelo ajuste de curva e anote na respectiva coluna da equipe da Tabela 1.

- c) Acrescente mais 10,00g em relação à massa anterior e repita os procedimentos b) e c) para outras massas até completar a coluna correspondente da equipe, compartilhe com demais equipe* e complete a Tabela 1.

*Cada equipe é responsável pelos valores compartilhados, notando divergência no número de algarismos significativos, revise com a equipe que apresentar divergência até chegar a um consenso, revise as medidas gravada no software.

| Tabela 1 | | | | | |
|----------|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| Sistema | $M_H = 27,00\text{ g}$ | $L = 38,00\text{ cm}$ | $m = 75,00\text{ g}$ | $R = 24,00\text{ mm}$ | $d = \text{ cm}$ |
| | Equipe 1 | Equipe 2 | Equipe 3 | Equipe 4 | Equipe 5 |
| $M(g)$ | $\alpha_1(rad/s^2)$ | $\alpha_2(rad/s^2)$ | $\alpha_3(rad/s^2)$ | $\alpha_4(rad/s^2)$ | $\alpha_5(rad/s^2)$ |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Após a experiência verifique se o sensor está em ordem, desligue e acondicione todos os materiais na caixa e devolva para a bancada de manutenção. Mantenha a bancada organizada.

3. [1,0] Teoria

Revise a Segunda Lei de Newton, o momento de inércia e torque [1], faça um diagrama do corpo livre (DCL) para o sistema sem atrito e sem inercia nas polias da *Figura 1*, aplique os conceitos e demonstre que o sistema gira com uma aceleração angular α constante conforme a equação

$$\alpha = \left(\frac{g}{R}\right) \left(\frac{1}{1 + \frac{I}{MR^2}}\right), \quad (1)$$

onde $g = 9,79061\text{ m/s}^2$ é a aceleração da gravidade local [2], R é o raio da polia, M é a massa pendurada no fio e I é o momento de inercia do sistema formado por uma haste de massa M_H e comprimento L com massas m ajustáveis colocada a distância d simetricamente opostas. Demonstre que o momento de inércia é

$$I = \frac{M_H L^2}{12} + 2md^2. \quad (2)$$

- a) Apresente o DCL do sistema sem atrito
b) Demonstre as equações (1) e (2)

4. [1,0] Identificação das variáveis

Identifique as quantidades físicas das variáveis no **2. Experimentos** e complete a Tabela 2.

| Tabela 2 | |
|-------------------|--------------|
| Quantidade Física | Variável |
| | Independente |
| | Dependente |

5. [1,0] Linearização

- a) Linearize a equação (1) para construção do gráfico linear no papel milimetrado e compare com a equação da reta $y' = a'x' + b'$.

- b) Escreva as relações para:

Variável independente $x' =$

Variável dependente $y' =$

Coefficiente angular $a' =$

Coefficiente linear $b' =$

(3)

Etapa 2**6. [1,0] Análise estatística**

A partir das medidas da Tabela 1, calcule e preencha na Tabela 3:

- Converta a unidade da massa M para quilograma.
- A média da aceleração angular $\bar{\alpha}$.
- O desvio médio da aceleração angular $\overline{\Delta\alpha}$.
- O desvio padrão da aceleração angular σ_{α} .

| Tabela 3 | | | |
|------------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|
| $M \text{ (kg)}$ | $\bar{\alpha}(\text{rad/s}^2)$ | $\overline{\Delta\alpha}(\text{rad/s}^2)$ | $\sigma_{\alpha}(\text{rad/s}^2)$ |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. [1,0] Construção e análise do gráfico linear no papel milimetrado

- Utilizando as relações (3) e os valores da Tabela 3, preencha a Tabela 4 e a partir desta construa um gráfico linear no papel milimetrado (em anexo).

| Tabela 4 | |
|------------------------|------------------------|
| $x'(\text{unidade}) =$ | $y'(\text{unidade}) =$ |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

- Indique na reta obtida, os pontos P_1 , P_2 e P_3 com os valores lidos, calcule os coeficientes da equação da reta com suas respectivas unidades e escreva a equação experimental obtida.

Apresente os valores lidos dos pontos P_1 , P_2 e P_3 e os cálculos dos coeficientes

Equação experimental (papel milimetrado):

(4)

8. [1,0] Construção e análise do gráfico linear no SPARKvue®

Na “**Entrada Manual**” copie os valores da Tabela 4 e ajuste uma curva e escreva a equação experimental obtida.

| | |
|----------------------------------|-----|
| Equação experimental (SPARKvue®) | (5) |
|----------------------------------|-----|

9. [1,0] Resultados

a) Utilize as equações (4) e/ou (5) e as relações (3) e determine o momento de inércia I .

b) Calcule o valor de referência do momento de inércia do sistema I_{ref} pela equação (2). Determine o erro percentual.

10. [1,0] Conclusões

Faça síntese dos resultados. O objetivo foi alcançado?

Referências

[1] HALLIDAY, D., RESNICK, R. e WALKER, J. – Fundamentos de Física – Volume 1 – Mecânica – Livros Técnicos e Científicos Editora – 8ª Edição.

[2] <https://www.wolframalpha.com/widgets/view.jsp?id=e856809e0d522d3153e2e7e8ec263bf2>

250

200

150

100

50

0

50

100

150