

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



**UDESC**  
**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  $\alpha$  e relacionar com torque  $\tau$  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.

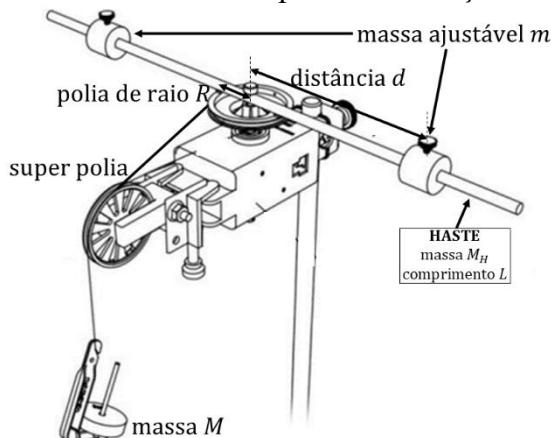


Figura 1: Montagem e configuração.

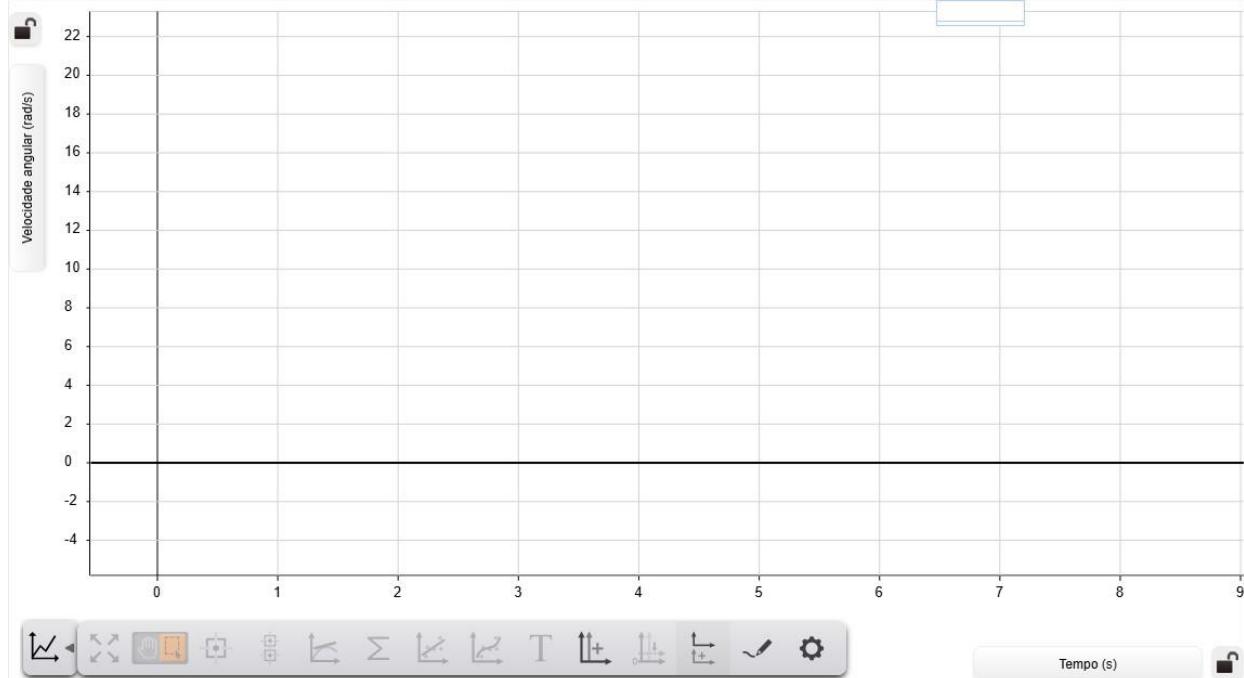
No aplicativo/software abra o arquivo experimental (“*Abrir uma experiência da PASCO*” → “*Lab Stations*” → “*05 Physics*” → “*06 Rotational Dynamics.spklab*”) e [conecte-o](#).

## **Etapa 1**

### **1. [1,0] Observações**

Pendure uma massa de 10,00 g na extremidade do fio a uma altura logo abaixo da super polia. Na página “I”, 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  $\alpha$  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  $10,00\text{g}$  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	$M_H = 27,00\text{ g}$	$L = 38,00\text{ cm}$	$m = 75,00\text{ g}$	$R = 24,00\text{ mm}$	$d = \text{cm}$
$M(g)$	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3	Equipe 4	Equipe 5
	$\alpha_1(\text{rad/s}^2)$	$\alpha_2(\text{rad/s}^2)$	$\alpha_3(\text{rad/s}^2)$	$\alpha_4(\text{rad/s}^2)$	$\alpha_5(\text{rad/s}^2)$

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  $\alpha$  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 inercia 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  $y' =$

Coeficiente angular  $a' =$

(3)

Coeficiente linear  $b' =$

**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  $\sigma_\alpha$ .

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

**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., RENSICK, R. e WALKER, J. – Fundamentos de Física – Volume 1 – Mecânica – Livros Técnicos e Científicos Editora – 8<sup>a</sup> Edição.

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

250

200

150

100

50

0

50

100

150