

Roteiro do experimento “Cinemática Rotacional”

A) Introdução ao experimento

Pense em um sistema de transmissão de uma bicicleta. Quando a coroa presa ao pedal e a engrenagem traseira giram ligadas pela corrente, existe uma relação entre as velocidades de rotação da coroa e da engrenagem, ω_1 e ω_2 , e a velocidade linear da correia, v . Com o objetivo de analisar a interdependência entre os movimentos da correia e os de rotação e verificar a relação linear entre as grandezas v , ω_1 e ω_2 , construímos um arranjo experimental em que essas grandezas físicas podem ser medidas. Ele é formado por dois discos, um deles preso a um motor, e ligados por uma correia que não desliza.

B) Procedimento de análise

B1. Assista ao filme atentamente. Não deixe de observar os sentidos dos movimentos dos discos e da correia.

B2. A partir da observação do conjunto de imagens que lhe foi designado para análise, monte uma tabela de tempo (s), posição da correia (cm) e posições angulares (°) **de ambos** os discos, em ordem cronológica.

Note que, para a tomada das posições da correia, será necessário escolher uma das marcas feitas nela (verde, amarela ou vermelha). Opte pela cor que aparecer em mais imagens no conjunto que lhe foi designado. Normalmente, será a cor da marca mais próxima à extremidade inicial de uma das duas réguas na primeira imagem. Você precisará acompanhá-la em todas as imagens do conjunto, até que essa marca escolhida alcance a outra extremidade da régua.

Não se esqueça de estimar os valores dos desvios-padrões nas posições e ignore a incerteza no tempo. Use a quantidade de algarismos significativos adequada em todas as tabelas.

B3. Com os dados do item B2, estime as velocidades nos instantes t_i como as velocidades linear e angular médias para o intervalo de tempo $[t_{i-1}; t_{i+1}]$:

$$v(t_i) \cong \bar{v}_{[t_{i-1}; t_{i+1}]} = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (1)$$

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

em que x , θ e t correspondem às grandezas posição, ângulo e tempo, respectivamente, enquanto v e ω simbolizam as velocidades linear e angular. O índice i numera as imagens sequencialmente. A justificativa dessa forma de cálculo numérico da derivada da posição em relação ao tempo pode ser vista no texto “Como calcular numericamente a derivada de uma função” na página “Guias” do sítio do experimento.

Note que o tempo da imagem i é a média dos tempos das imagens $i - 1$ e $i + 1$ porque os intervalos de tempo entre imagens sucessivas é sempre o mesmo. Levando isto em conta, inclua na tabela esses valores de $v(t_i)$, $\omega_1(t_i)$ (velocidade angular do disco maior) e $\omega_2(t_i)$ (velocidade angular do disco menor). Se precisar ajuda para o cálculo dos desvios-padrões de $v(t_i)$, $\omega_1(t_i)$ e $\omega_2(t_i)$, que são iguais em todos os instantes, veja o texto *Roteiro de cálculo de incertezas*, na página *Guias* do site do experimento online.

B4. Construa os gráficos de posição \times tempo e ângulo \times tempo para a correia e para os discos com as respectivas barras de incerteza. Interprete os gráficos obtidos. Adicione retas de tendência aos

gráficos e observe os valores das inclinações. Não se esqueça de apresentar os coeficientes das equações de reta ajustados aos dados experimentais.

B5. Compare os coeficientes angulares de reta ajustados no item anterior com os valores das velocidades linear e angular calculados para os vários instantes de tempo na tabela construída no item B3. São idênticos? É possível dizer que são compatíveis? Por quê?

B6. Deduza, a partir das definições de “velocidade” (deslocamento por intervalo de tempo) e de “medida de um ângulo” (razão entre arco e raio), a relação entre as velocidades linear v e angular ω de um ponto à distância R do eixo, $v = \omega R$.

B7. Partindo da relação $v/\omega = R$, determine o raio de cada disco. Com os resultados já obtidos, pode-se tanto usar os valores de v e ω ajustados aos dados experimentais no item B4 (procure no [Roteiro de cálculo de incertezas](#) as fórmulas para estimar os respectivos desvios-padrões) quanto a média e o desvio-padrão da média dos valores $R_i = \frac{v_i}{\omega_i}$ calculados com os dados da tabela do item B3. Confira se adotou unidades adequadas para o uso da fórmula deduzida em B6.

B8. A fim de determinar o raio do disco, ajustamos um fio inextensível ao sulco do disco por onde a correia passa de modo a dar a volta completa, medimos o seu comprimento e deduzimos o raio a partir da circunferência, $2\pi R$. O procedimento foi realizado da mesma forma em cada um dos discos. Os valores obtidos estão na tabela abaixo; inclua os seus valores experimentais obtidos no item B7. Verifique se eles concordam e, caso sejam muito diferentes, procure a razão da discrepância e inclua no relatório a discussão dos motivos pelos quais isso possa ter acontecido.

Disco	Raio esperado (cm)	Raio experimental (cm)	$\frac{\Delta R}{\sigma}$
Maior	$9,87 \pm 0,05$		
Menor	$4,85 \pm 0,05$		

C) Procedimento de elaboração do relatório

Entregue um relatório com os seguintes itens:

C1. *Introdução*: Apresente um texto que resuma o experimento, com destaque para o objetivo.

C2. *Descrição do experimento*: Descreva, com suas palavras e de forma sucinta, os materiais usados para construir este experimento e o funcionamento do arranjo.

C3. *Análise de dados e resultados obtidos*: Apresente a tabela com os dados brutos extraídos da análise inicial do conjunto de fotos (item B2) e as grandezas cinemáticas calculadas (item B3), assim como os gráficos de posição por tempo (item B4) e suas interpretações, e a tabela com os raios dos discos (item B7).

C4. *Discussão*: Com todas as informações do item C3, responda às questões referentes aos itens B5 e B8 e, se necessário, faça uma discussão acerca do resultado que você obteve para os raios dos discos.

C5. *Aplicação*. i) Conforme a introdução, este experimento foi inspirado no funcionamento do sistema de transmissão presente em bicicletas. Outro mecanismo diretamente ligado ao sistema de transmissão são as marchas. Ao andar em uma bicicleta de marchas, é possível perceber que, dependendo da relação entre os raios da coroa e da engrenagem e traseiro, o esforço que o ciclista deve fazer para continuar em movimento varia. Posicionando a corrente na coroa e na engrenagem

de forma que a razão entre seus raios seja mínima, é possível subir uma ladeira, enquanto que as maiores velocidades serão alcançadas quando essa razão for máxima. É possível explicar, com auxílio do que foi abordado nesse experimento, como e por que isso ocorre?

ii) Descreva uma situação do cotidiano que tenha movimentos de translação e rotação interdependentes. Sua descrição precisa abranger os movimentos dos corpos em relação ao seu uso e, se possível, as ordens de grandeza das velocidades angular e linear dos componentes do sistema. Se possível, forneça a fonte desse exemplo.

C6. *Conclusão*: Releia a introdução e atente para o objetivo do experimento. Escreva a conclusão, de modo que responda às perguntas: “A experiência conseguiu atendê-lo? Por quê?”.