

## Roteiro do experimento “Cinemática Rotacional”

### A) Introdução ao experimento

Quando duas rodas dentadas de bicicleta (a coroa, que fica na traseira, e a grande, do pedal) estão acopladas por meio de uma correia, existe uma relação entre a velocidade de rotação de uma roda,  $\omega$ , e a velocidade linear da correia,  $v$ . O objetivo deste experimento é analisar a interdependência entre o movimento de translação da correia e o de rotação da coroa e verificar a relação linear entre as grandezas  $v$  e  $\omega$ .

### B) Procedimento de análise

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

B2. A partir da observação dos quadros do conjunto que lhe foi designado para análise, monte uma tabela de tempo (s), posição (cm) e ângulo ( $^\circ$ ), em ordem cronológica. Não se esqueça de estimar os valores das incertezas na posição e no ângulo e considere a incerteza no tempo desprezível. Use a quantidade de algarismos significativos adequada em todas as tabelas.

B3. Com a tabela do item B2, calcule as *velocidades* linear e angular médias para o intervalo de tempo  $[t_{i-1}; t_{i+1}]$ , dadas por:

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

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

onde  $x, \theta$  e  $t$  correspondem às grandezas posição, ângulo e tempo, respectivamente, enquanto  $\bar{v}$  e  $\bar{\omega}$  simbolizam as velocidades médias linear e angular. O índice  $i$  identifica as fotos; assim,  $i = 1$  indica que se trata da foto 1,  $i = 2$  a foto 2, e assim por diante<sup>1</sup>.

B4. Como o intervalo  $[t_{i-1}; t_{i+1}]$  é pequeno ( $\sim 0,07$  s), supomos<sup>2</sup>

$$\bar{v}_{[t_{i-1}; t_{i+1}]} \cong v(\bar{t}_i), \quad (3)$$

$$\bar{\omega}_{[t_{i-1}; t_{i+1}]} \cong \omega(\bar{t}_i), \quad (4)$$

onde  $v(\bar{t}_i)$  e  $\omega(\bar{t}_i)$  correspondem às *velocidades* linear e angular instantâneas, respectivamente, no instante médio  $\bar{t}_i$ , dado por

---

<sup>1</sup> Isso é válido quando falamos das grandezas posição, tempo e ângulo. Dizemos “a *posição* da marca da correia no quadro 1” ou mesmo “o instante de *tempo* mostrado no quadro 15”. Para grandezas como velocidade linear e angular e tempo médio, o índice  $i$  perde o vínculo de correspondência exata (“a *posição* no quadro 3”) e a correspondência passa a ser aproximada. Assim, “ $v_n$ ” não significa a velocidade do corpo *no quadro* n, mas *é como se fosse*.

<sup>2</sup> Na verdade, calculamos a derivada da posição em relação ao tempo, de forma numérica, para obter a velocidade. Para maiores informações, consulte o texto “*Como calcular numericamente a derivada de uma função*” na página “*Guias*” do site do experimento virtual.

$$\bar{t}_i = \frac{t_{i+1} + t_{i-1}}{2}. \quad (5)$$

B5. Faça uma tabela contendo os valores de  $v(\bar{t}_i)$ ,  $\omega(\bar{t}_i)$  e  $\bar{t}_i$ , juntamente com as incertezas de  $v(\bar{t}_i)$  e  $\omega(\bar{t}_i)$  (consideramos a incerteza no tempo, tanto em  $t_i$  como em  $\bar{t}_i$ , desprezível). Para o cálculo das incertezas, veja o texto “*Roteiro de cálculo de incertezas*”, na página “*Guias*” do site do experimento virtual.

B6. Construa os gráficos de posição (cm)  $\times$  tempo (s) e ângulo  $\times$  tempo (s) com suas respectivas *barras de erro*. Adicione a reta de tendência aos gráficos e observe o valor de sua inclinação. Não se esqueça de apresentar a equação da reta (os coeficientes).

B7. Compare os coeficientes lineares das retas ajustadas dos gráficos do item B6, com os valores de velocidades linear e angular da tabela construída no item B5. É possível dizer que sejam compatíveis? Por quê?

B8. Construa uma tabela com os valores da grandeza definida pela razão

$$C(\bar{t}_i) = \frac{v(\bar{t}_i)}{\omega(\bar{t}_i)}. \quad (6)$$

Verifique que  $C$  tem dimensão física de comprimento e determine a unidade física do resultado. Calcule a incerteza de  $C$ . Se precisar, veja o método de propagação de incertezas no documento “*Roteiro de cálculo de incertezas*” na página “*Guias*” do site de experimento virtual.

B9. Deduza teoricamente a relação  $v = \omega R$ . Compare essa expressão com  $C(\bar{t}_i) = v(\bar{t}_i) / \omega(\bar{t}_i)$ , estabeleça uma relação entre  $C(\bar{t}_i)$  e  $R$ , o raio da roda dentada, e calcule o valor de  $R$  a partir da *sua* tabela obtida no item B8. Durante o experimento, medimos  $R$  com uma régua e obtivemos  $R = (9,5 \pm 0,5)$  cm – o valor que você calculou para concorda com nosso valor? Caso seu resultado seja muito diferente, procure a razão da discrepância e inclua no relatório a discussão dos motivos pelos quais isso possa ter acontecido.

### 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 realizar este experimento virtual.

C3. *Análise de dados e resultados obtidos*: Apresente os dados brutos extraídos da análise inicial do conjunto de fotos (tabela do item B2). Posteriormente, exiba as tabelas construídas nos itens B5 e B8, assim como os gráficos associados e resultados obtidos. Com todas essas informações, responda às questões referentes aos itens B7 e B9 e, se necessário, a discussão acerca do resultado que você obteve para o raio da roda.

C4. *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?”.