Lab. de Física 1, Exp. 5: Roda de Maxwell

Clebson Abati Graeff

30 de novembro de 2024

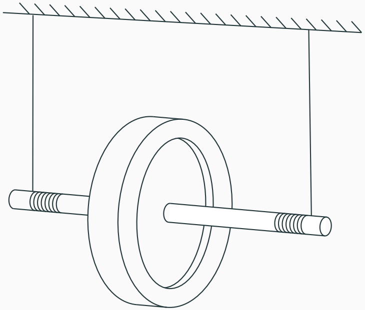
UTFPR–PB

Experimento 5, Roda de Maxwell

Objetivos

Vamos determinar algumas medidas com o intuito de:

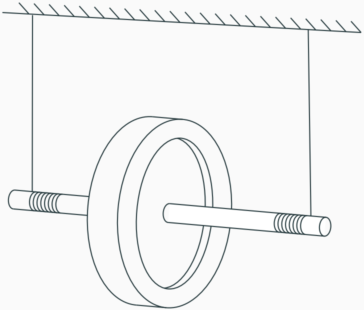
- Determinar a densidade do material que compõe a roda de Maxwell;
- Determinar o momento de inércia e a aceleração do centro de massa através das expressões oriundas da teoria;
- Determinar a aceleração do centro de massa experimentalmente, através da cinemática;



Objetivos

Vamos determinar algumas medidas com o intuito de:

- Determinar o erro percentual entre o valor teórico e o valor experimental para a aceleração do centro de massa;
- Verificar a validade das expressões para o momento de inércia e para a segunda lei de Newton para a rotação.



Segunda Lei de Newton para a rotação

Aplicando a Segunda Lei de Newton para a rotação a uma das partículas de um corpo rígido, obtemos

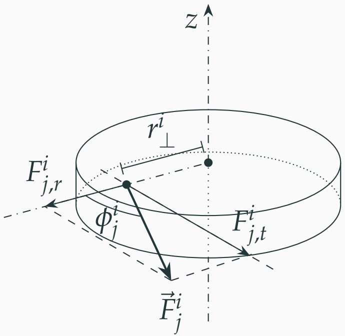
$$\begin{aligned} \tau^i_j &= r^i_\perp F^i_j \operatorname{sen} \phi^i_j \\ &= r^i_\perp F^i_{j,t}. \end{aligned}$$

Somando para todas as partículas, temos

$$\tau^{\text{ext}}_R = I\alpha,$$

onde

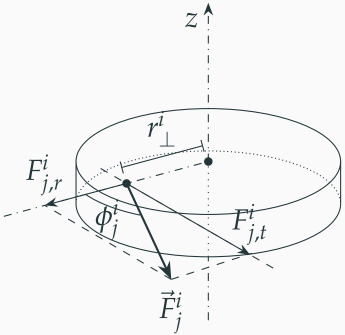
$$I = \left[\sum_{i=1}^{N} m_i (r^i_\perp)^2 \right]$$



Segunda Lei de Newton para a rotação

Para um grande número de partículas, podemos usar o caso contínuo:

$$I = \lim_{N\to\infty} \sum_{i=1}^{N} M_{R_i} (r_\perp^i)^2$$
$$= \int r_\perp^2 \, dm,$$



onde

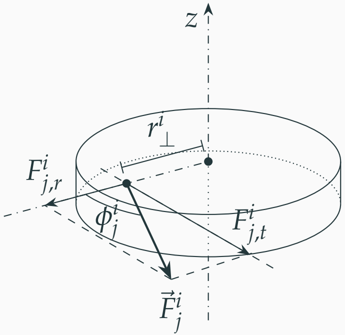
$$dm = \lambda(x)\; dx$$
$$dm = \sigma(\vec{r})\; dA$$
$$dm = \rho(\vec{r})\; dV.$$

Segunda Lei de Newton para a rotação

Assim, obtemos

$$I_{\text{disco/cil.}} = \frac{MR^2}{2}$$

$$I_{\text{tubo}} = M\,\frac{R_e^2 + R_i^2}{2}.$$

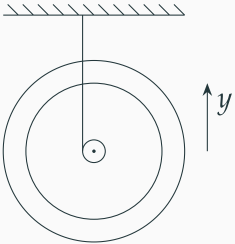


Roda de Maxwell: Movimento combinado de rotação e translação

Aplicando a Segunda Lei de Newton para a translação, obtemos

Eixo y:

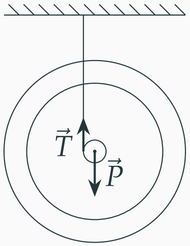
$$F_R^y = m_t a_{\mathrm{CM},y}$$
$$T - P = m_t a,$$



Roda de Maxwell: Movimento combinado de rotação e translação

Aplicando a Segunda Lei de Newton para a rotação, temos

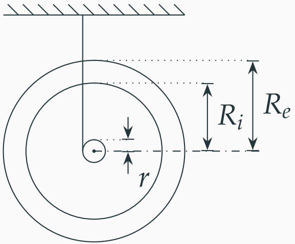
$$\begin{aligned}\tau &= I\alpha \\ -Tr &= I\alpha.\end{aligned}$$



Roda de Maxwell: Movimento combinado de rotação e translação

Finalmente, verificamos as seguintes relações para as variáveis cinemáticas da rotação e da translação

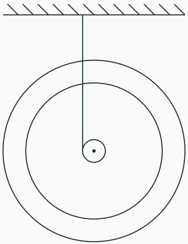
$$\begin{aligned} \Delta y_{\mathrm{CM}} &\equiv \ell = r\Delta\theta \\ v_{\mathrm{CM}} &= r\omega \\ a_{\mathrm{CM}} &= r\alpha. \end{aligned}$$



Roda de Maxwell: Movimento combinado de rotação e translação

Através dos resultados obtidos acima, podemos montar um sistema de equações

$$\begin{cases} T - P = m_t a \\ -Tr = I\alpha \\ a = r\alpha, \end{cases}$$



cuja solução para a é

$$\begin{aligned} a &= \frac{m_t g}{m_t + I/r^2} \\ &= \frac{1}{1 + \frac{I}{m_t r^2}} \cdot g. \end{aligned}$$

Roda de Maxwell: Movimento combinado de rotação e translação

Finalmente, temos para I:

$$I = I_{\text{eixos}} + I_{\text{disco}} + I_{\text{tubo}}$$

$$I_{\text{eixos}} = 2 \cdot \frac{1}{2} M R^2 = 2 \cdot \frac{1}{2} \rho V_e \cdot r^2$$

$$I_{\text{disco}} = \frac{1}{2} \cdot M R^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho V_d \cdot R_i^2$$

$$I_{\text{tubo}} = \frac{1}{2} \cdot M (R_e^2 - R_i^2) = \frac{1}{2} \cdot \rho V_t \cdot (R_e^2 - R_i^2),$$

sendo que os volumes são dados por

$$V_e = \pi r^2 L$$
$$V_d = \pi R_i^2 \ell_i$$
$$V_t = \pi (R_e^2 - R_i^2) \ell_e.$$

Somando as expressões acima, obtemos o momento de inércia total:

$$I = \frac{1}{2} \rho [V_e r^2 + V_d R_i^2 + V_t (R_e^2 - R_i^2)].$$

Procedimento experimental

Procedimento experimental

Etapas:

1. Determinação da massa da Roda de Maxwell;
2. Obtenção dos valores de tempo necessários para que a Roda de Maxwell percorra variadas distâncias;
3. Registro das medidas de deslocamento e de tempo com o número adequado de algarismos significativos;