Física 1 (4310145) - Aula 04/06/2020

Informações

- Capítulo 2
  - Perguntas: Todas!
  - Problemas: 2.1, 2.3, 2.5, 2.7, 2.9, 2.14, 2.17, 2.21, 2.31, 2.37, 2.41, 2.67, 2.69
- Capítulo 3
  - Perguntas: 3.1, 3.3, 3.5 , 3.12, 3.13
  - Problemas: 3.1, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.9, 3.10, 3.15, 3.32, 3.27, 3.33, 3.37, 3.43
- Capítulo 4
  - Perguntas: 4.1, 4.2, 4.3, 4.5, 4.13, 4.17
  - Problemas: 4.1, 4.3, 4.7, 4.9, 4.11, 4.19, 4.25, 4.29, 4.47, 4.57, 4.65, 4.69
- Capítulo 5
  - Perguntas: 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.9
  - Problemas: 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.7, 5.11, 5.13, 5.15, 5.19, 5.21, 5.31, 5.35, 5.45, 5.63
- Capítulo 6
  - Perguntas: 6.1, 6.2, 6.3, 6.5, 6.6, 6.9. 6.13
  - Problemas: 6.1, 6.3, 6.4, 6.5, 6.13, 6.19, 6.25, 6.33, 6.39, 6.41, 6.43, 6.57, 6.59
- Capítulo 7
  - Perguntas: 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.9, 7.11
  - Problemas: 7.1, 7.3, 7.5, 7.7, 7.15, 7.17, 7.21, 7.23, 7.31, 7.37, 7.41, 7.43, 7.45, 7.49, 7.67
- Capítulo 8
  - Perguntas: 8.1, 8.2, 8.3, 8.5, 8.9, 8.11
  - Problemas: 8.1, 8.2, 8.3, 8.5, 8.7, 8.9, 8.13, 8.15, 8.19, 8.25, 8.37, 8.39, 8.41, 8.45, 8.47, 8.53, 8.57, 8.67
- Capítulo 9
  - Perguntas: 9.1, 9.2, 9.3, 9.5, 9.7, 9.9, 9.11
  - Problemas: 9.1, 9.2, 9.3, 9.5, 9.7, 9.11, 9.13, 9.17 , 9.19, 9.25, 9.29, 9.33, 9.37, 9.39, 9.41, 9.45, 9.49, 9.51, 9.55, 9.61, 9.63, 9.73, 9.75
- Capítulo 10
  - Problemas: 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 10.5, 10.7, 10.11, 10.13, 10.15, 10.17, 10.19, 10.25, 10.28, 10.33, 10.35, 10.41, 10.43, 10.49, 10.51, 10.53, 10.57, 10.59, 10.61, 10.63
- Capítulo 11
  - Perguntas:
  - Problemas:

jader.pereira.santos@gmail.com (11-963653978)
felipefreitas@usp.br

Sumário

1. Rolagem, torque e momento angular
   - Rolagem como combinação de rotação e translação
   - Energia cinética de rolagem
   - As forças da rolagem

Sumário

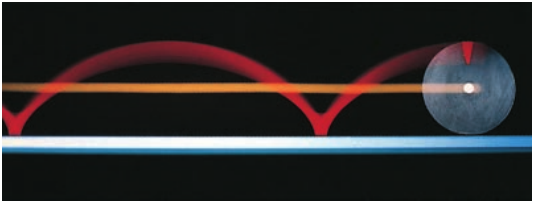
1. Rolagem, torque e momento angular
   - Rolagem como combinação de rotação e translação
   - Energia cinética de rolagem
   - As forças da rolagem

Sumário

1. Rolagem, torque e momento angular
   - Rolagem como combinação de rotação e translação
   - Energia cinética de rolagem
   - As forças da rolagem

Rolagem como combinação de rotação e translação

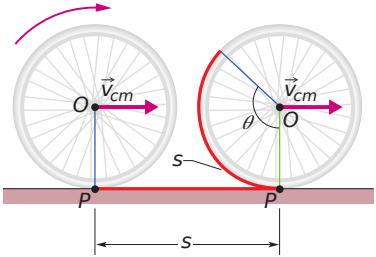
- Vamos começar estudando objetos que rolam suavemente em uma superfícies, isto é, sem escorregar o quicar.



- Note que o centro do objeto se move em uma linha reta paralela à superfície, ao contrário de um ponto na borda
- Podemos tratar o movimento de rolagem como uma combinação:
  - translação do centro de massa
  - rotação do objeto em torno do centro de massa

Rolagem como combinação de rotação e translação

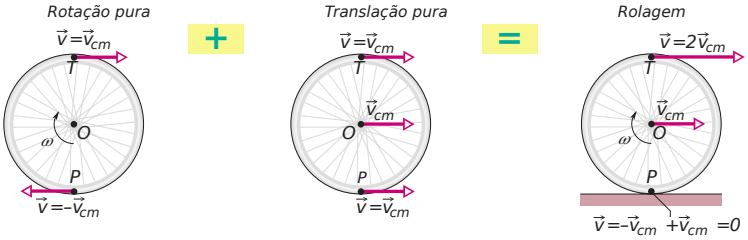
- Considere o movimento de uma roda. O centro de massa tem velocidade $\vec{v}_{cm}$



- O angulo θ e a distância s estão relacionados por $\boxed{s = \theta R}$ (R é o raio da roda)
- A velocidade linear v_{cm} do centro da roda é $\boxed{v_{cm} = \dfrac{ds}{dt}}$
- Desta forma, podemos obter

$$\boxed{v_{cm} = \frac{ds}{dt} = R\frac{d\theta}{dt} = R\omega}$$

Rolagem como combinação de rotação e translação



- A combinação dos movimentos é a rolagem da roda.
- Observe que:
  - A velocidade escalar da extremidade inferior é zero
  - A velocidade escalar da extremidade superior é $2v_{cm}$

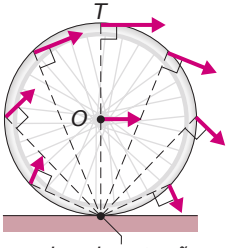
Rolagem como combinação de rotação e translação

Figura 1: Fotografia de uma roda de bicicleta em movimento. Os raios de baixo estão mais nítidos que os raios de cima porque estão se movendo mais devagar.

Rolagem como uma rotação pura

- Também podemos descrever o movimento de rolagem como uma rotação pura em torno de um eixo que passa pelo ponto P
- Os vetores na Fig mostram a velocidade instantânea em alguns pontos da roda
- Para um observador externo

$$v_{\text{sup}} = \omega(2R) = 2(\omega R) = 2v_{cm}$$



Teste

A roda traseira da bicicleta de um palhaço tem um raio duas vezes maior que a roda dianteira. (a) A velocidade linear da extremidade superior da roda traseira é maior, menor ou igual à velocidade linear da extremidade superior da roda dianteira quando a bicicleta está em movimento? (b) A velocidade angular da roda traseira é maior, menor ou igual à velocidade angular da roda dianteira?

Sumário

1. Rolagem, torque e momento angular
   - Rolagem como combinação de rotação e translação
   - Energia cinética de rolagem
   - As forças da rolagem

Energia cinética de rolagem

- Quando encaramos a rolagem como uma rotação pura, A energia cinética será dada por

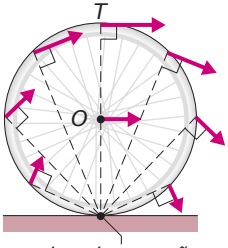
$$K = \frac{1}{2} I_P \omega^2$$

- De acordo com o teorema dos eixos paralelos

$$I_P = I_{cm} + MR^2$$

- Assim, obtemos

$$K = \frac{1}{2} I_{cm} \omega^2 + \frac{1}{2} MR^2 \omega^2 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{K = \frac{1}{2} I_{cm} \omega^2 + \frac{1}{2} M v_{cm}^2}$$



Um objeto em rolagem possui dois tipos de energia cinética:
energia cinética de rotação & energia cinética de translação

Sumário

1. Rolagem, torque e momento angular
   - Rolagem como combinação de rotação e translação
   - Energia cinética de rolagem
   - As forças da rolagem

As forças da rolagem

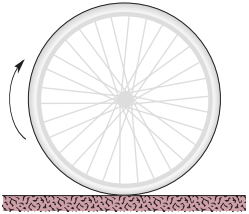
- Uma roda que rola com velocidade constante não tende a deslizar no ponto de contato P e, portanto, não está sujeita a uma força de atrito

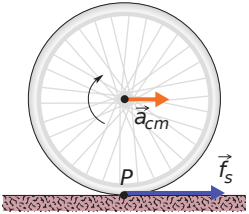
- Se uma força age sobre a roda para aumentar ou diminuir a velocidade, essa força produz uma aceleração $\vec{a}_{cm}$ do centro de massa na direção do movimento. A força também faz com que a roda gire mais depressa ou mais devagar, o que significa que ela produz uma aceleração angular α. Essa aceleração tende a fazer a roda deslizar no ponto P. Assim, uma força de atrito passa a agir sobre a roda no ponto P para se opor a essa tendência.

  - Se a roda não desliza, o atrito é estático (rolagem suave):

$$\boxed{v_{cm} = R\omega \quad \Longrightarrow \quad a_{cm} = R\alpha}$$

  - Se a roda desliza, o atrito é cinético

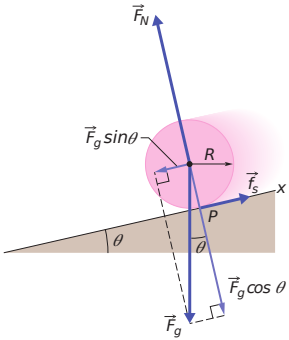




Rolagem para Baixo em uma Rampa

- A Fig. mostra um corpo de massa M e raio R
- Da Segunda Lei de Newton, obtemos

$$f_s - Mg\sin\theta = Ma_{cm,x} \tag{1}$$



- Podemos escrever a forma angular da segunda lei em relação a um eixo passando pelo CM

$$\tau_{res} = I_{cm}\alpha$$

- Em que $\tau_{res} = Rf_s$, assim

$$Rf_s = I_{cm}\alpha$$

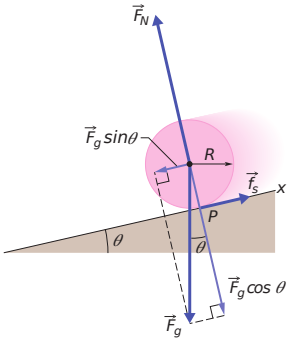
- Como o corpo está rolando suavemente, temos que

$$a_{cm,x} = \alpha R \quad \Longrightarrow \quad a_{cm,x} = -\alpha R \quad \Longrightarrow \quad Rf_s = I_{cm}\left(-\frac{a_{cm,x}}{R}\right) \tag{2}$$

Rolagem para Baixo em uma Rampa

- Eliminando f_s em (1) e (2) obtemos

$$\boxed{a_{cm,x} = -\frac{g\sin\theta}{1 + I_{cm}/MR^2}} \qquad (3)$$



Teste

Os discos A e B são iguais e rolam inicialmente em um piso horizontal com a mesma velocidade. O disco A sobe uma rampa com atrito e atinge uma altura máxima h; o disco B sobe uma rampa igual à primeira, mas sem atrito. A altura máxima atingida pelo disco B é maior, menor ou igual a h?

Dicas

- Reproduza as passagens de maneira independente!
- Estude as referências!
  - D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker. *Fundamentos de Física - Mecânica*, volume 1. LTC, 10 edition, 2016
  - P.A. Tipler and G. Mosca. *Física para Cientistas e Engenheiros*, volume 1. LTC, 10 edition, 2009
  - H.M. Nussenzveig. *Curso de física básica, 1: mecânica.* E. Blucher, 2013
  - H.D. Young, R.A. Freedman, F.W. Sears, and M.W. Zemansky. *Sears e Zemansky física I: mecânica*
  - M. Alonso and E.J. Finn. *Física: Um curso universitário - Mecânica.* Editora Blucher, 2018
  - R.P. Feynman, R.B. Leighton, and M.L. Sands. *Lições de Física de Feynman.*

    Bookman, 2008

O CENTRO ESTÁ