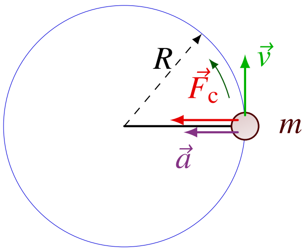
Capítulo 4

Leis de Newton

Paula Ferreira: psfer@pos.if.ufrj.br

4.1. Dinâmica do movimento circular

Movimento circular uniforme [1]:



- Partícula se desloca ao longo de circunferência.
- Velocidade escalar constante.
- Aceleração aponta para centro de circunferência de raio R.
- Aceleração é perpendicular à velocidade instantânea.

$$a_c = \frac{v^2}{R} \tag{1}$$

Em termos do período:

$$T = \frac{2\pi R}{v} \tag{2}$$

Assim:

[1] compare com a figura 3.30 do Young & Freedman: movimento circular não uniforme.

$$a_c = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \tag{3}$$

Vale a segunda Lei de Newton:

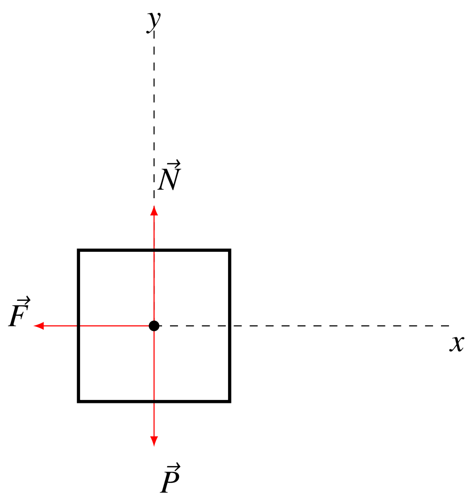
$$F_R = ma_c = m\frac{v^2}{R} \tag{4}$$

Como a força centrípeta é a força resultante, algum conjunto de forças a produz. A trajetória não precisa ser um círculo completo, pode ser um arco de círculo.

4.1.1. Exemplo 5.20 Y & F

Trenó de massa m preso a um poste por fio ideal a uma distância R do poste com força F se desloca em MCU. Sabe-se que o trenó completa um círculo com período T.

Diagrama de forças no instante em que o trenó está no lado direito:



Pela 2ª Lei de Newton:

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$
$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}_c$$
$$\vec{N} + \vec{F} + \vec{P} = m\vec{a}_c$$
$$N\hat{\mathbf{j}} - F\hat{\mathbf{i}} - mg\hat{\mathbf{j}} = -ma_c\hat{\mathbf{i}}$$

Eixo x:

$$-F = -ma_c$$
$$F = m\frac{v^2}{T}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

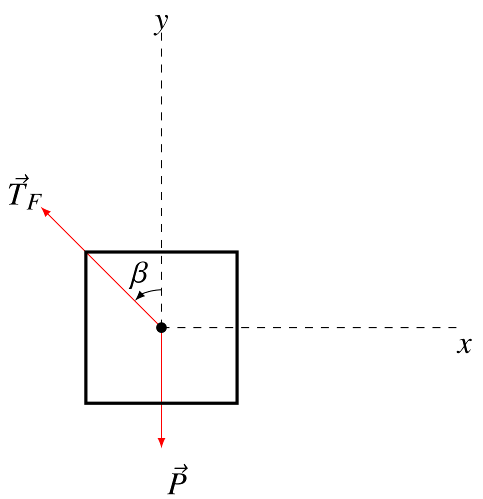
$$F = m\frac{\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2}{R} = m\frac{(2\pi)^2}{T^2 R}$$

4.1.2. Pêndulo cônico

Exemplo 5.21 Y & F.

Pêndulo com corpo de massa m (Figura 5.32(a)) e comprimento L . Oscila em forma de círculo com ângulo β com direção vertical. Quanto é a força de tensão $\vec{F}_T$ e o período em função do ângulo β?

Diagrama de forças no instante que o pêndulo está na direita(como na figura):



Pela segunda Lei de Newton:

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$
$$\vec{T}_F + \vec{P} = m\vec{a}_c$$
$$T_F(-\sin\beta\hat{\mathbf{i}} + \cos\beta\hat{\mathbf{j}}) - mg\hat{\mathbf{j}} = -ma_c\hat{\mathbf{i}}$$

Eixo x:

$$T_F \sin\beta = ma_c \tag{5}$$

Eixo y:

$$T_F \cos\beta - mg = 0 \tag{6}$$

(6) → (5)

$$\tan\beta = \frac{a_c}{g} \tag{7}$$

$$a_c = 4\pi^2 R/T = \frac{4\pi^2 L \sin\beta}{T^2} \tag{8}$$

(8) → (7)

$$\tan\beta = \frac{4\pi^2 L \sin\beta}{gT^2}$$
$$\therefore T = 2\pi\sqrt{\frac{L\cos\beta}{g}}$$

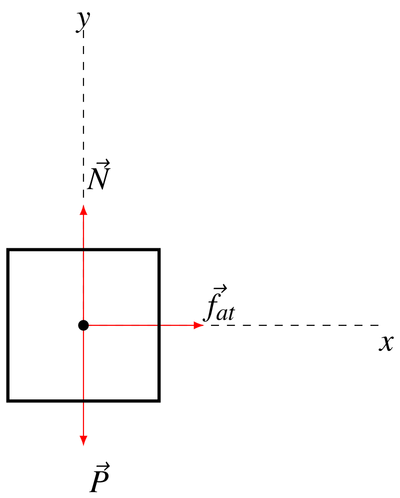
De (6), temos:

$$F_T = \frac{mg}{\cos\beta}$$

4.1.3. Exemplo 5.22 Y & F

Um carro de massa m realiza uma curva de raio R. Sabendo que o coeficiente atrito estático entre a pista e as rodas dom carro é μ_e. Qual a velocidade máxima para que o carro complete a curva sem deslizar?

Diagrama de forças no instante que vemos o carro na esquerda:



Pela Segunda Lei de Newton:

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$
$$\vec{N} + \vec{P} + \vec{f}_{at} = m\vec{a}_c$$
$$N\hat{\mathbf{j}} - mg\hat{\mathbf{j}} + f_{at}\hat{\mathbf{i}} = m\frac{v^2}{R}\hat{\mathbf{i}}$$

Eixo x:

$$f_{at} = m\frac{v^2}{R} \tag{9}$$
$$f_e = m\frac{v_{max}^2}{R} \tag{10}$$
$$\mu_e N = m\frac{v_{max}^2}{R} \tag{11}$$

Eixo y:

$$N - mg = 0 \tag{12}$$
$$N = mg \tag{13}$$

(13) $\rightarrow$ (11)

$$\mu_e mg = m\frac{v_{max}^2}{R} \tag{14}$$
$$v_{max} = \sqrt{\mu_e g R} \tag{15}$$

Se $v < v_{max}$, $f_{at} < f_e$ ainda faz curva facilmente.

Se $v > v_{max}$, o raio deve ser maior e o carro sai da pista.

Referências

[1] Herch Moysés Nussenzveig. *Curso de fisica básica: Mecânica (vol. 1).* Vol. 394. Editora Blucher, 2013.

[2] Hugh D Young, A Lewis Ford e Roger A Freedman. *Fısica I Mecânica.* 2008.