Dinâmica do movimento circular variado em plano vertical

Setor A: Aula 27 / Pg. 525 / Alfa 4

- SL 02 – Teoria / Revisão
- SL 10 – Exercícios

Apresentação e demais documentos: **fisicasp.com.br**

Professor Caio – Física / Setor A

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

Sistema conservativo

- Sujeitos apenas ao trabalho das forças conservativas
  - Força peso
  - Força elástica
  - Força elétrica

- O trabalho das forças não conservativas é nulo ou não existe.

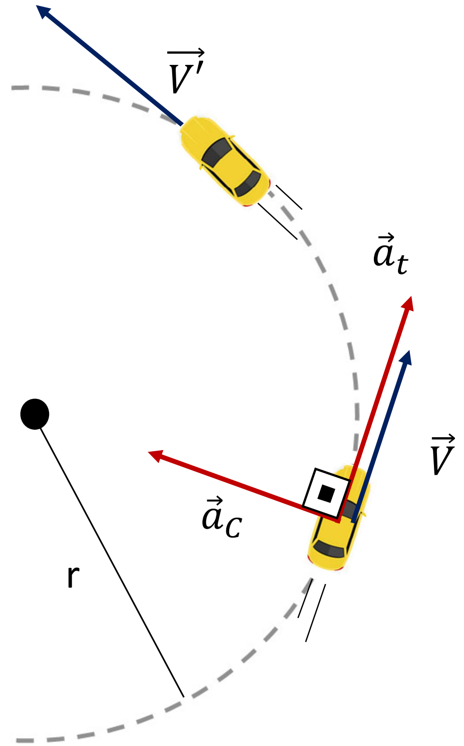
- Em um sistemas conservativo ocorre a conservação da energia mecânica

$$E_m = E_p + E_c = cte$$

- Energia cinética
  - $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

- Energia potencial
  - $E_{p\ grav} = m \cdot g \cdot h$
  - $E_{p\ elástica} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$
  - $E_{p\ elétrica} = \frac{k \cdot Q \cdot q}{r}$

Revisão: aceleração vetorial ($\vec{\gamma}$)

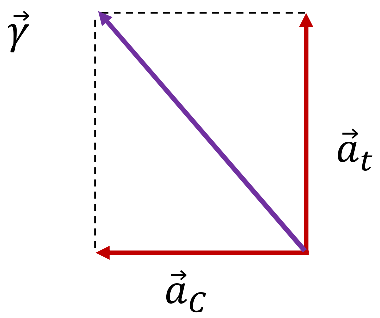


Aceleração tangencial $\vec{a}_t$

Indica variação na intensidade de $\vec{V}$

- Intensidade: $|\vec{a}_t| = |a| = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ SI: $\frac{m}{s^2}$
- Direção: Tangente à trajetória
- Sentido: Movimento acelerado
  - $\vec{a}_t$ e $\vec{V}$ tem mesmo sentido

  Movimento retardado
  - $\vec{a}_t$ e $\vec{V}$ tem sentidos opostos



$\vec{\gamma} = \vec{a}_t + \vec{a}_c$

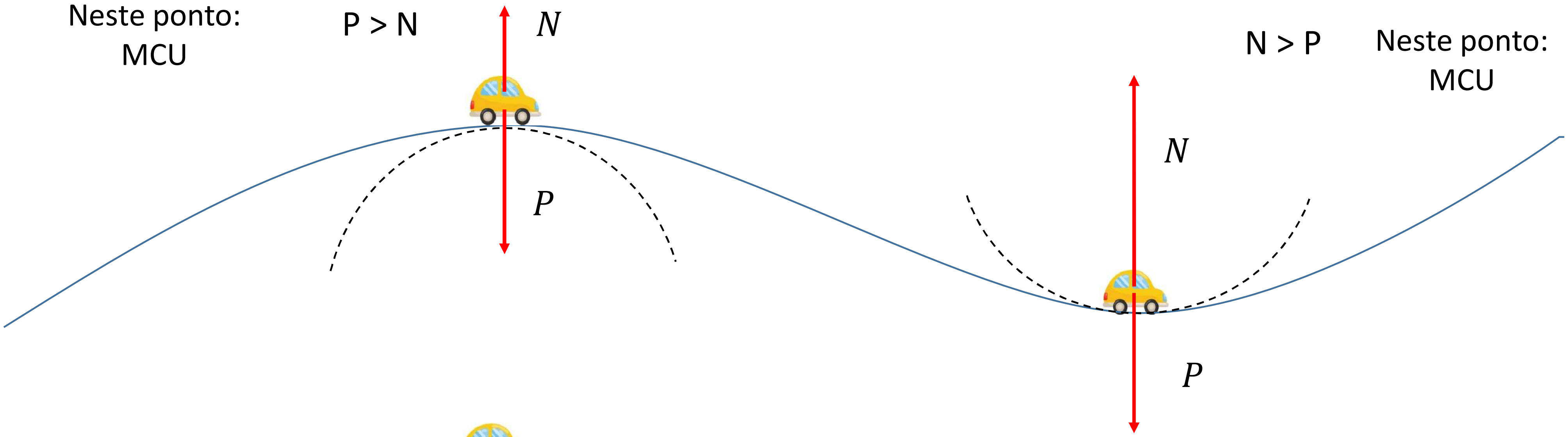
$\gamma^2 = {a_t}^2 + {a_c}^2$

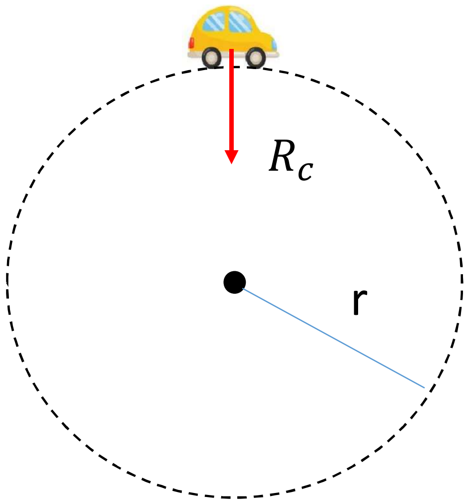
Aceleração centrípeta $\vec{a}_c$

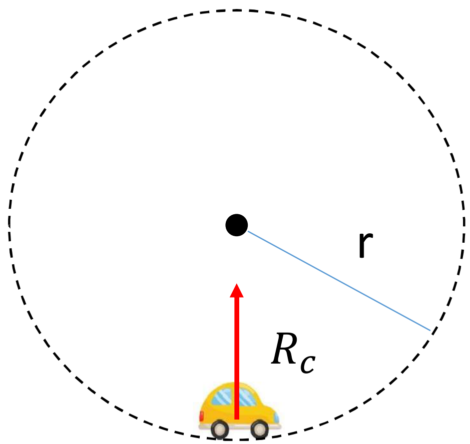
Indica variação na direção de $\vec{V}$

- Intensidade: $|\vec{a}_c| = \frac{V^2}{r}$ SI: $\frac{m}{s^2}$
- Direção: Radial
- Sentido: Para o centro

Exemplo 1







R_c = m . a_c

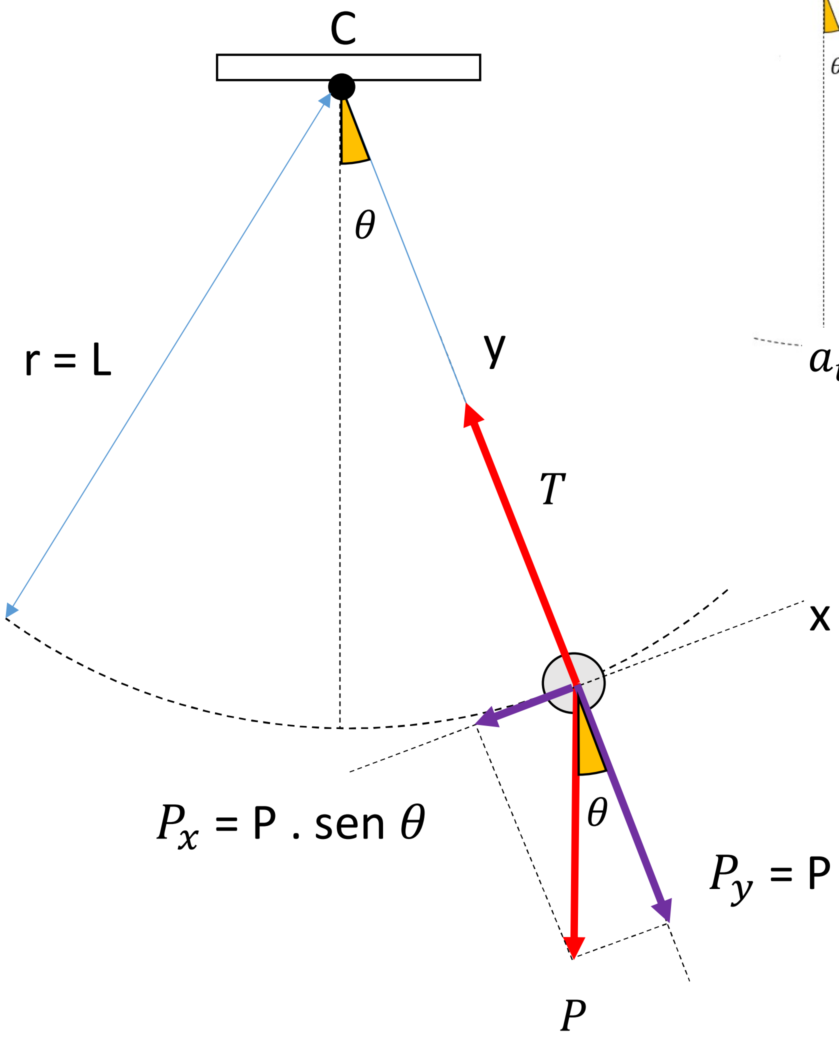
P - N = m . $\frac{v^2}{r}$

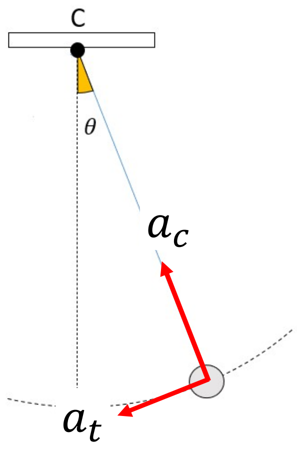
R_c = m . a_c

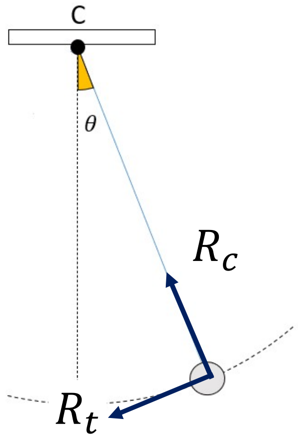
N - P = m . $\frac{v^2}{r}$

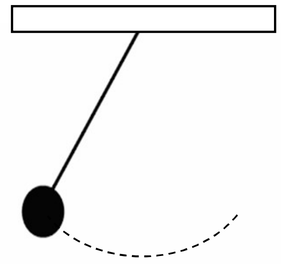
KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

Exemplo 2 - Posição qualquer









Eixo x

R_t = m . a_t

P . sen θ = m . a_t

$\cancel{m}$. g . sen θ = $\cancel{m}$. a_t

$\boxed{a_t = g \cdot \text{sen}\ \theta}$

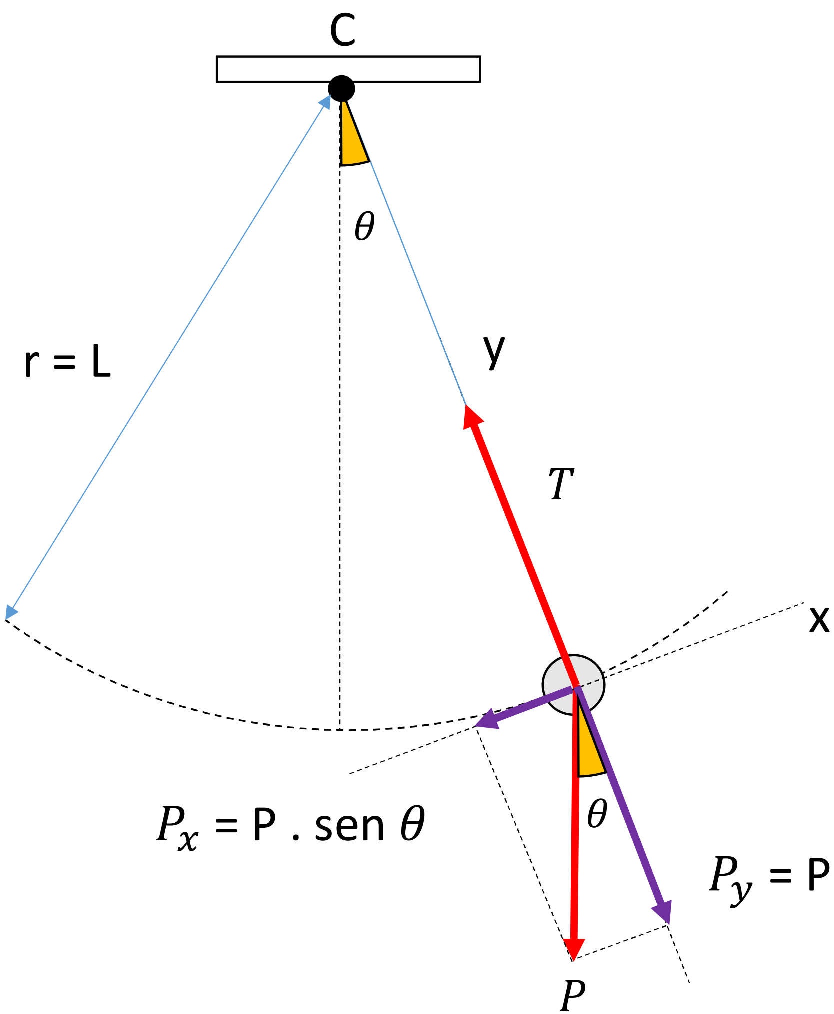
Eixo y

R_c = m . a_c

T - P.cosθ = m . a_c

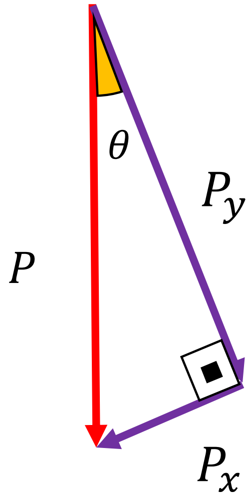
$\boxed{T - P.\cos\theta = m \cdot \frac{v^2}{r}}$

Exemplo 2



P_x = P . sen θ

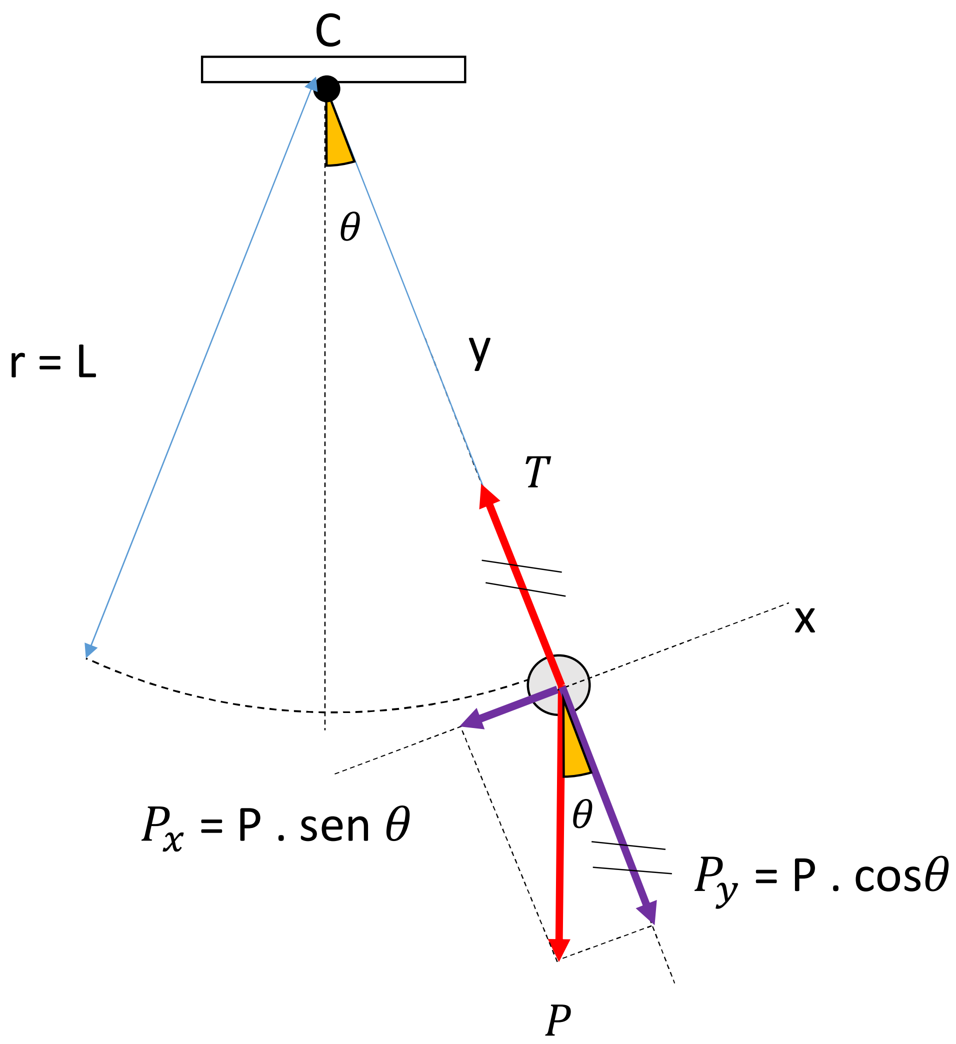
P_y = P . cosθ



$$\text{sen } \theta = \frac{P_x}{P}$$

$$\cos \theta = \frac{P_y}{P}$$

Exemplo 2 - extremidade (v = 0)



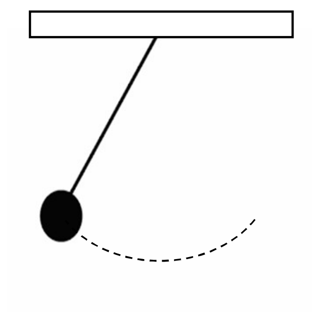
Eixo x

R_t = m . a_t

P . sen θ = m . a_t

$\cancel{m}$. g . sen θ = $\cancel{m}$. a_t

$\boxed{a_t = g \,.\, \text{sen}\, \theta}$



Eixo y

R_c = m . a_c

T - P.cosθ = m . a_c

T - P.cosθ = m . $\frac{v^2}{r}$

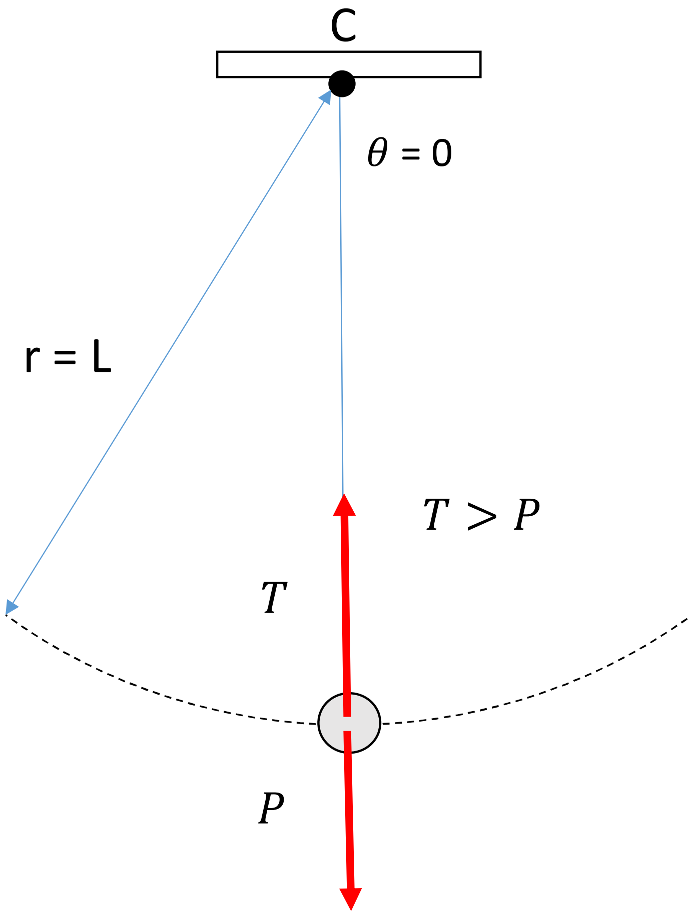
T - P.cosθ = m . $\frac{0^2}{r}$

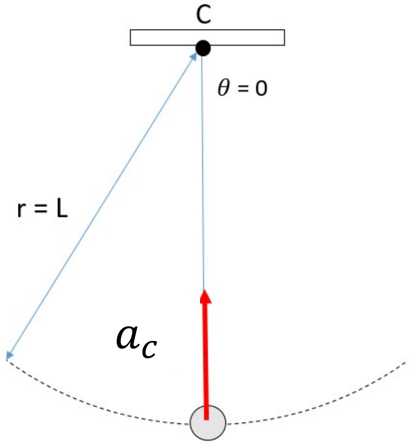
T - P.cosθ = 0

$\boxed{T = P.\cos\theta}$

KEEP CALM AND STUDY PHYSICS

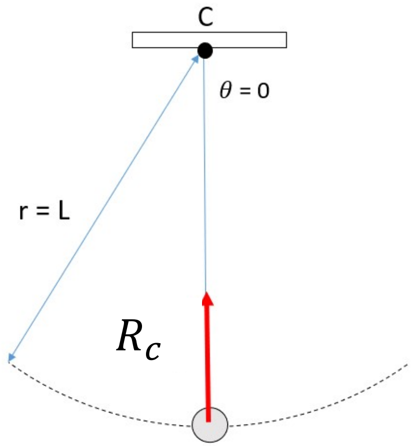
Exemplo 2 - ponto mais baixo da trajetória

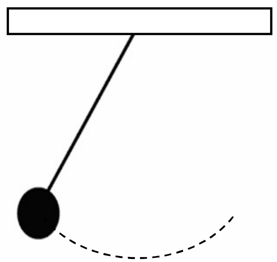




No ponto mais baixo, considerar um MCU!

a_t = 0





Eixo x

R_t = 0

a_t = 0

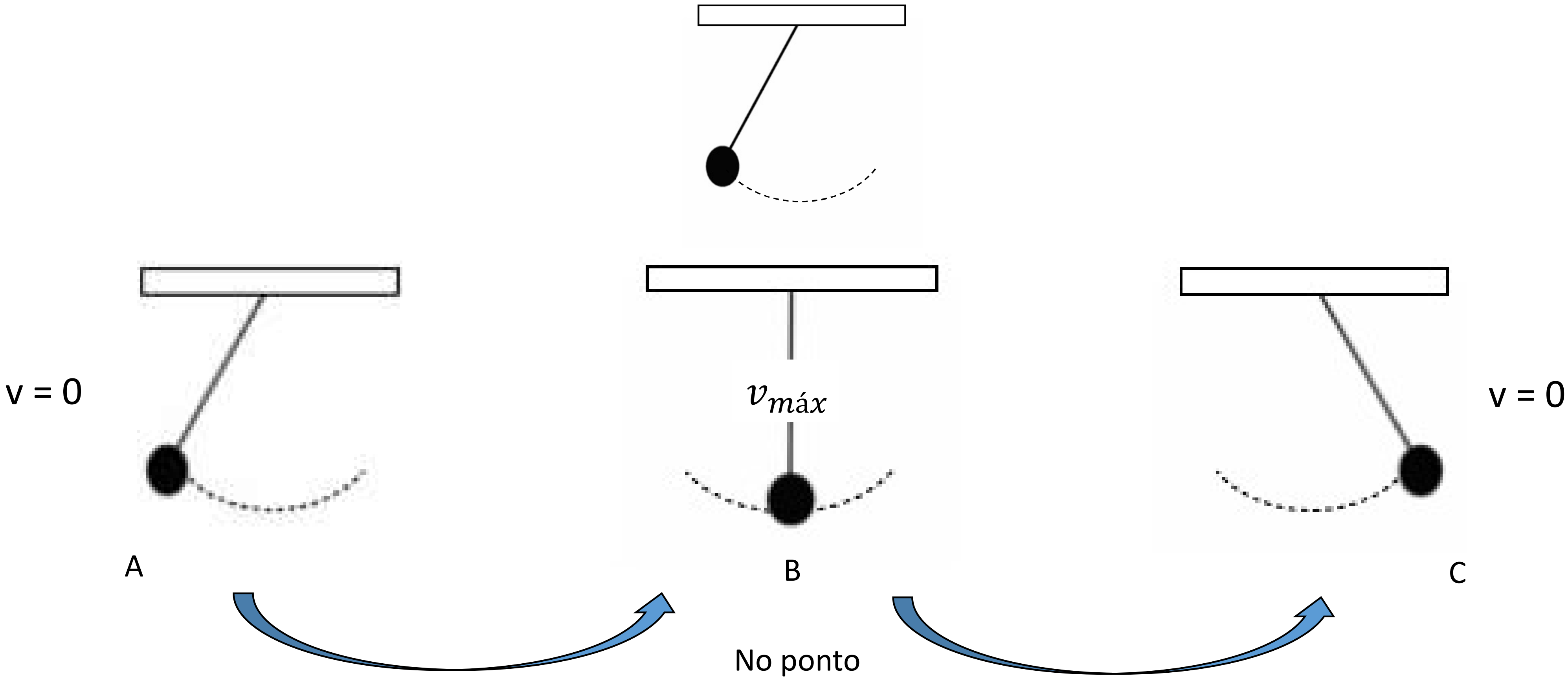
Eixo y

R_c = m . a_c

T - P = m . a_c

$$\boxed{T - P = m \cdot \frac{v^2}{r}}$$

Exemplo 2



Movimento acelerado
(descida)
v aumenta

No ponto
mais baixo,
considerar
um MCU!
$a_t = 0$

Movimento retardado
(subida)
v diminui

Exercícios

1. (Fuvest-SP) O projeto para um balanço de corda única de um parque de diversões exige que a **corda do brinquedo tenha um comprimento de 2,0 m**. O projetista tem que escolher a corda adequada para o balanço, a partir de cinco ofertas disponíveis no mercado, cada uma delas com distintas tensões de ruptura.

A tabela apresenta essas opções.

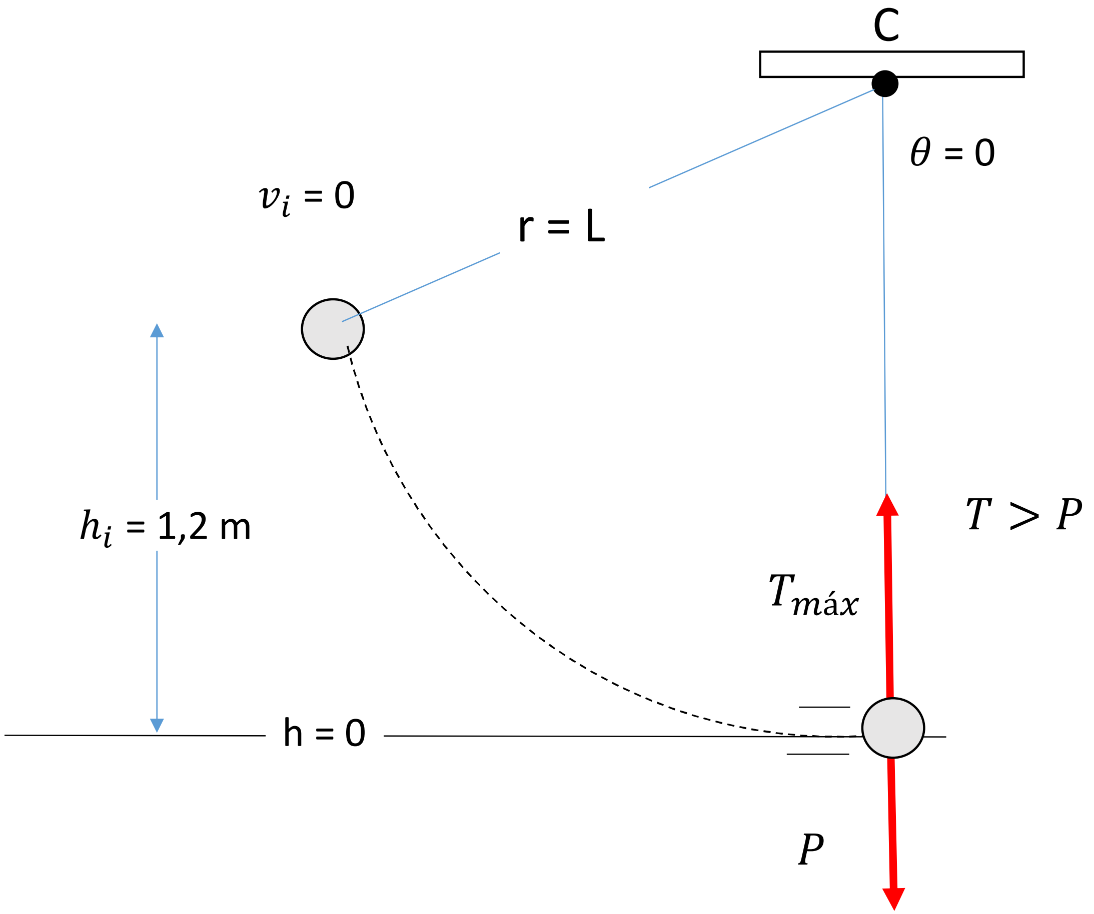
Corda	I	II	III	IV	V
Tensão de ruptura (N)	4200	7500	12400	20000	29000

Ele tem também que incluir no projeto uma margem de segurança; **esse fator de segurança é tipicamente 7, ou seja, o balanço deverá suportar cargas sete vezes a tensão no ponto mais baixo da trajetória**. Admitindo que **uma pessoa de 60 kg**, ao se balançar**, parta do repouso, de uma altura de 1,2 m** em relação à posição de equilíbrio do balanço, as cordas que poderiam ser adequadas para o projeto são:

a) I, II, III, IV e V. b) II, III, IV e V, apenas. c) III, IV e V, apenas. d) IV e V, apenas. e) V, apenas.

Note e adote:
- Aceleração da gravidade: g = 10 m/s²
- Desconsidere qualquer tipo de atrito ou resistência ao movimento e ignore a massa do balanço e as dimensões da pessoa
- As cordas são inextensíveis

- r = L = 2 m
- g = 10 m/s²
- m = 60 kg



Sistema conservativo

$$E_{m\,(f)} = E_{m\,(i)}$$

$$E_{c\,(f)} + E_{p\,(f)} = E_{c\,(i)} + E_{p\,(i)}$$

$$\frac{m.v_f^{\,2}}{2} + \cancelto{0}{mgh_f} = \cancelto{0}{\frac{m.v_i^{\,2}}{2}} + mgh_i$$

$$\frac{\cancel{m}.v_f^{\,2}}{2} = \cancel{m}gh_i$$

$$\frac{v_f^{\,2}}{2} = gh_i$$

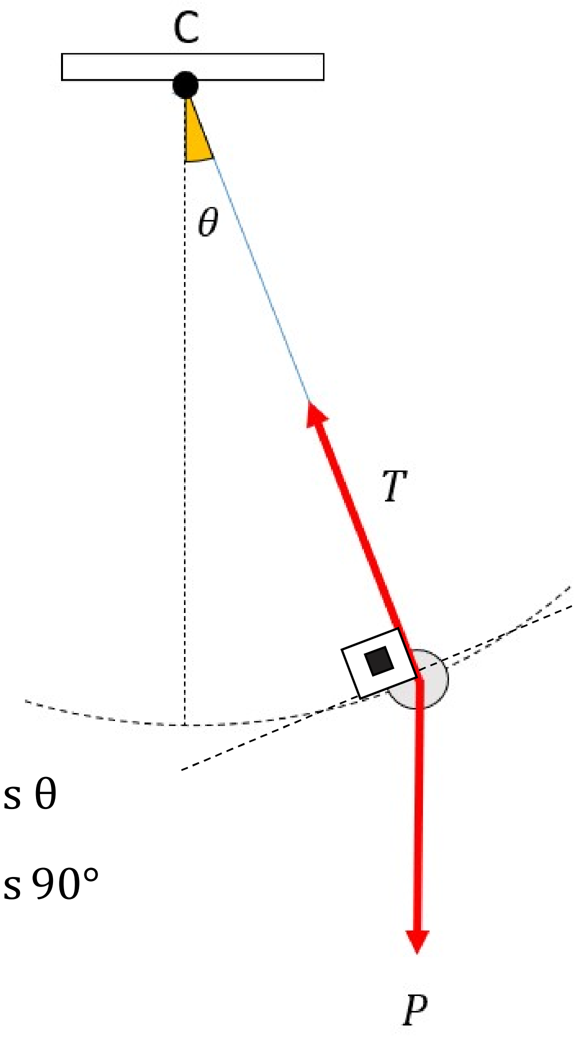
$$v_f^{\,2} = 2.g.h_i$$

$$v_f^{\,2} = 2.10.1,2$$

$$v_f^{\,2} = 24$$

Sistema conservativo

- Sujeito apenas ao trabalho das forças conservativas
  - ✓ Força peso
  - ✓ Força elástica
  - ✓ Força elétrica



- O trabalho das forças não conservativas é nulo ou não existe.

- Em um sistema conservativo ocorre a conservação da energia mecânica

$$E_m = E_p + E_c = cte$$

Energias potenciais gravitacional, elástica e elétrica

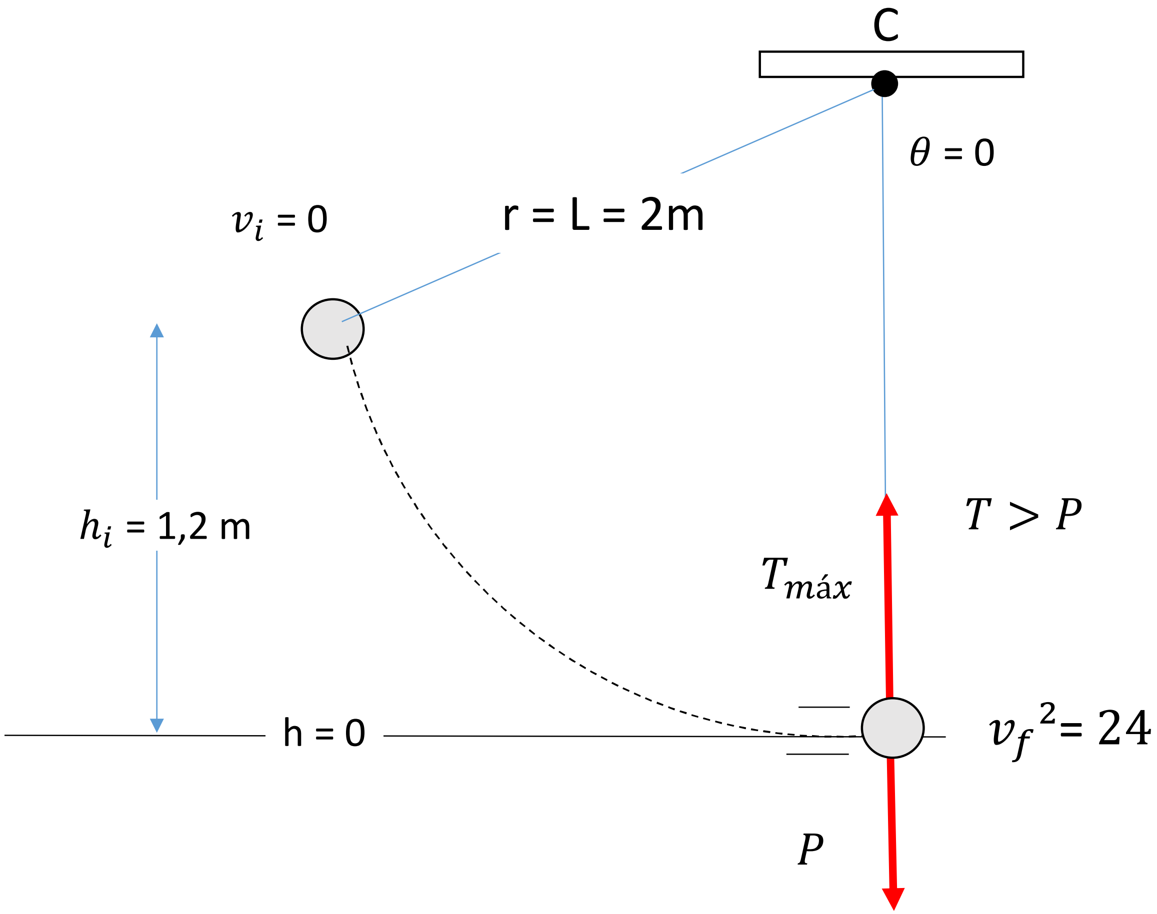
τ = T . d . cos θ

τ = T . d . cos 90°

τ = T . d . 0

τ = 0

- r = L = 2 m
- g = 10 m/s²
- m = 60 kg



$$R_c = m \cdot a_c$$

$$T - P = m \cdot a_c$$

$$T - P = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$T = m \cdot \frac{v^2}{r} + P$$

$$T = 60 \cdot \frac{24}{2} + 600$$

$$T = 720 + 600$$

$$T_{máx} = 1320 \text{ N}$$

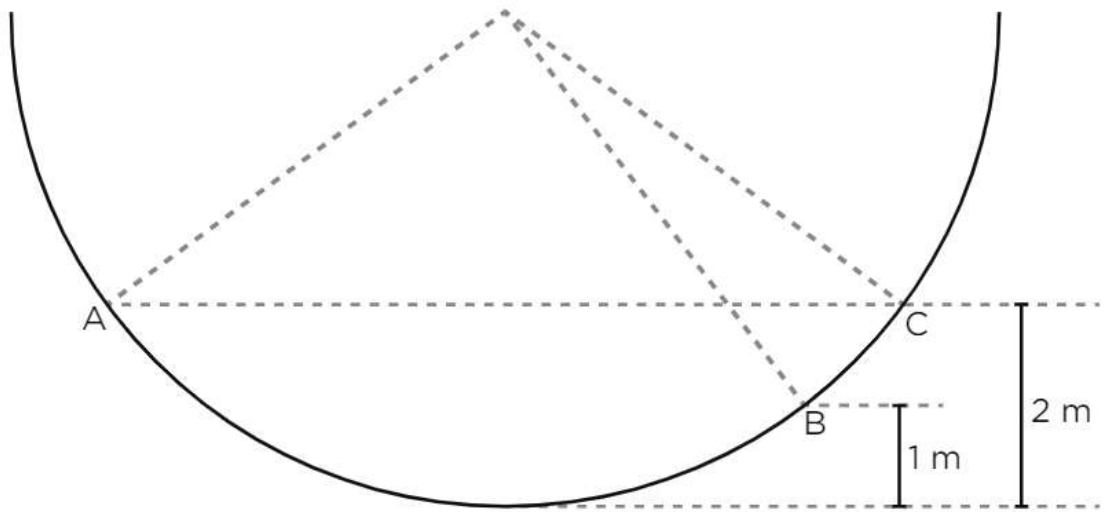
$$T_{seg} = 7 \cdot T_{máx}$$

$$T_{seg} = 9240 \text{ N}$$

Corda	I	II	III	IV	V
Tensão de ruptura (N)	4200	7500	12400	20000	29000

c) III, IV e V, apenas.

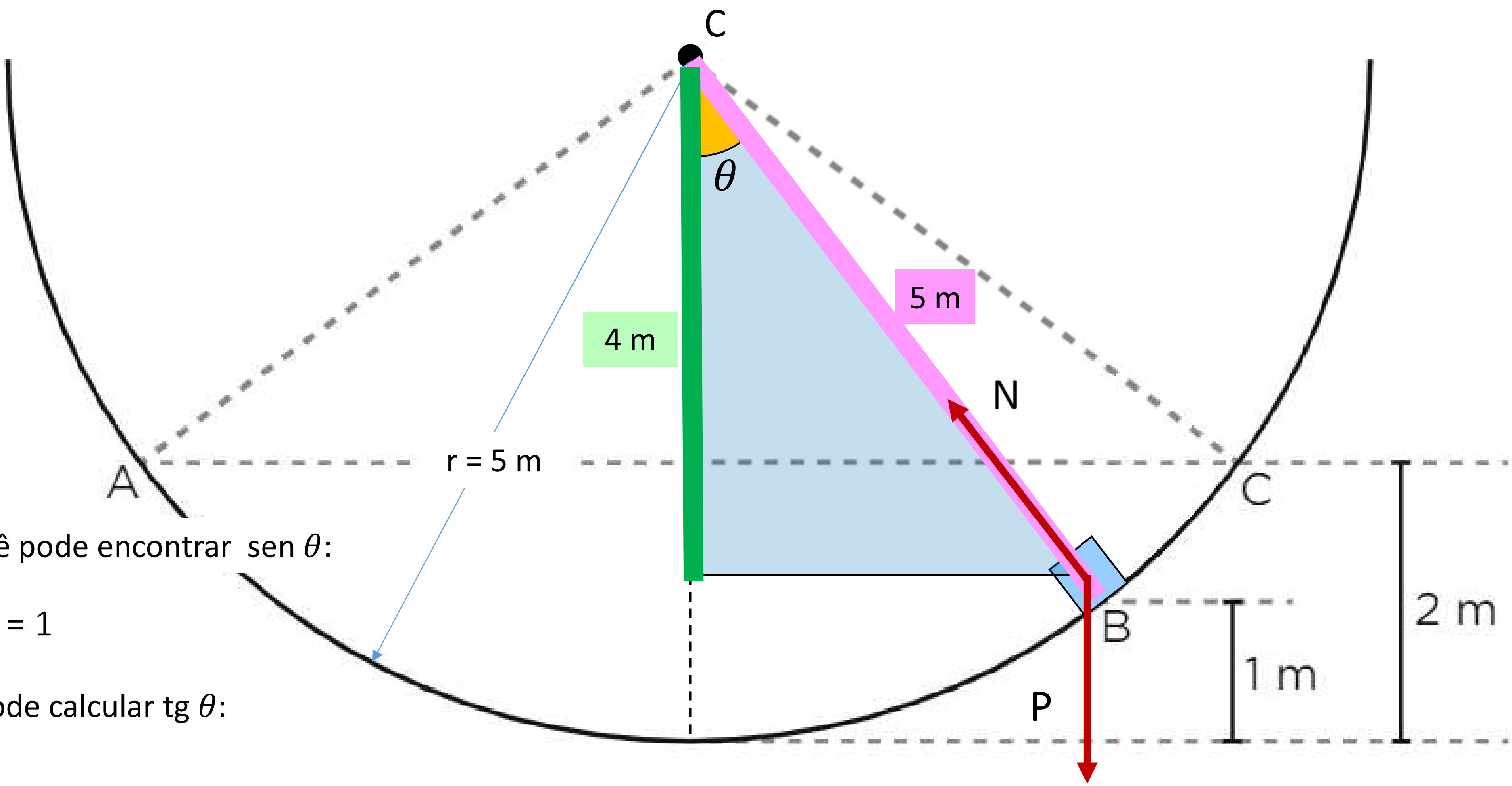
2. Em uma pista semicircular de raio 5 m, um corpo de 5 kg é abandonado no ponto A com velocidade nula. Durante o movimento, o atrito e a resistência do ar podem ser desprezados. A intensidade do campo gravitacional é 10 N/kg.



Calcule a intensidade da força que a pista aplica no corpo (normal) e a aceleração escalar quando o corpo passar:

a) Pelo ponto B.
b) Pelo ponto C

2. Em uma pista semicircular de raio 5 m, um corpo de 5 kg é abandonado no ponto A com velocidade nula. Durante o movimento, o atrito e a resistência do ar podem ser desprezados. A intensidade do campo gravitacional é 10 N/kg.



$\cos\theta = \dfrac{4}{5}$

Em seguida você pode encontrar sen θ:

$\text{sen}^2\theta + \cos^2\theta = 1$

Por fim, você pode calcular tg θ:

$\text{tg}\,\theta = \dfrac{\text{sen}\,\theta}{\cos\theta}$

a) Pelo ponto B.

Calculando a velocidade do corpo ao passar pelo ponto B.

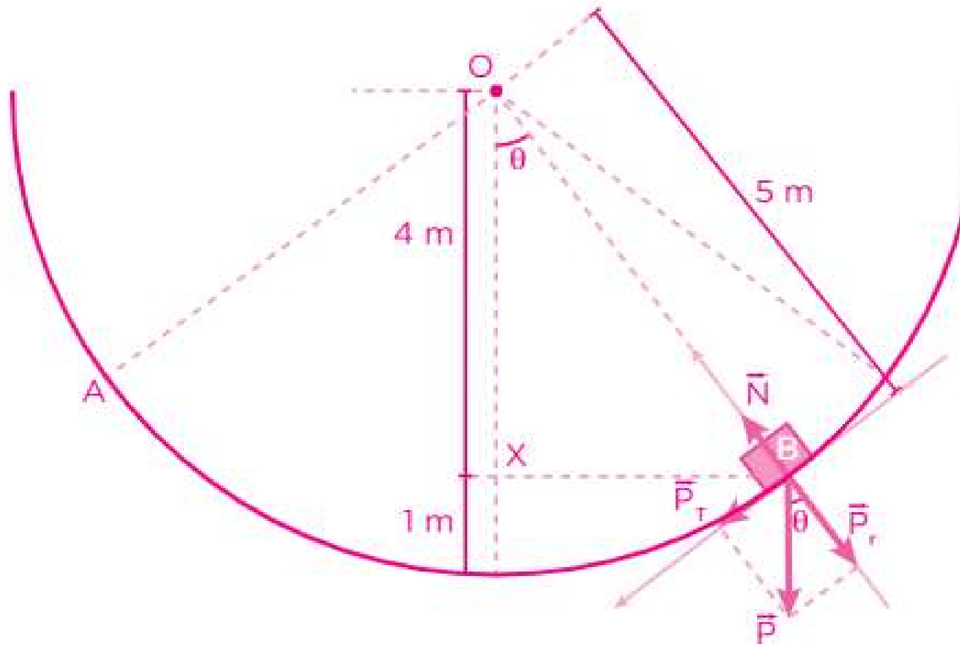
$$E_M^A = E_M^B$$

$$E_C^A + E_P^A = E_C^B + E_P^B$$

$$m \cdot \frac{v_B^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$v_B = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1} \therefore v_B = \sqrt{20} \text{ m/s}$$

Assinalando as forças no corpo ao passar pelo ponto B e indicando os comprimentos relevantes à análise pedida:



A partir do triângulo OXB, temos:

$$\cos\theta = \frac{4}{5} = 0{,}8$$

Aplicando a relação fundamental da Trigonometria:

$$\text{sen}\,\theta = 0{,}6$$

Utilizando o triângulo do peso e das suas componentes:

$$P_r = P \cdot \cos\theta = 50 \cdot 0{,}8 \therefore P_r = 40 \text{ N}$$

$$P_T = P \cdot \text{sen}\,\theta = 50 \cdot 0{,}6 \therefore P_T = 30 \text{ N}$$

Na direção tangente:

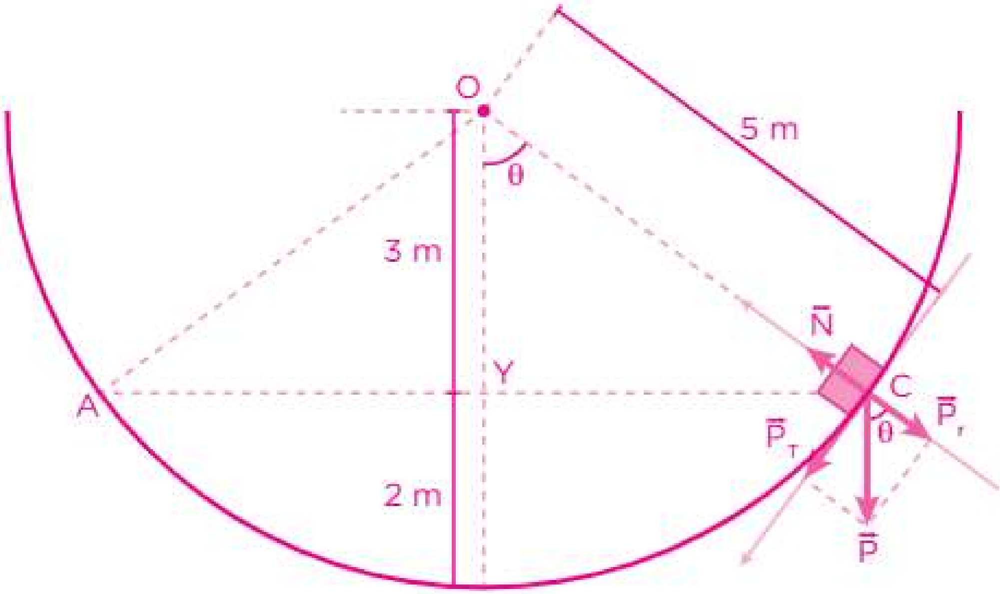
$$R_T = P_T \Rightarrow 5 \cdot |a| = 30 \therefore |a| = 6 \text{ m/s}^2$$

Na direção radial:

$$N - P_r = m \cdot a_c \Rightarrow N - 40 = 5 \cdot \frac{\left(\sqrt{20}\right)^2}{5} \therefore N = 60 \text{ N}$$

b) Pelo ponto C.

Assinalando as forças no corpo ao passar pelo ponto C e indicando os comprimentos relevantes à análise pedida:



A partir do triângulo OYC, temos:

$\cos \theta = \dfrac{3}{5} = 0{,}6$

Aplicando a relação fundamental da Trigonometria:

$\text{sen}\,\theta = 0{,}8$

Utilizando o triângulo do peso e das suas componentes:

$P_r = P \cdot \cos \theta = 50 \cdot 0{,}6 \therefore P_r = 30\ \text{N}$

$P_T = P \cdot \text{sen}\,\theta = 50 \cdot 0{,}8 \therefore P_T = 40\ \text{N}$

Na direção tangente:

$R_T = P_T \Rightarrow 5 \cdot |a| = 40 \therefore |a| = 8\ \text{m/s}^2$

Na direção radial:

$N - P_r = m \cdot a_c \Rightarrow N - 30 = 0 \therefore N = 30\ \text{N}$