

Leis empíricas da força de atrito de contato ..... 1

  Sistemas de um corpo ..... 1

    1. Bloco sobre a mesa ..... 1

    2. Criança parada no batente da porta ..... 1

    3. Bloco sobre a mesa, força inclinada..... 2

    4. Criança puxa o brinquedo ..... 2

    5. Carro que freia na ladeira..... 2

    6. HRK E5.16 – Ângulo de descanso da barreira ..... 2

  Sistemas de dois corpos ..... 2

    7. Caminhão com reboque na ladeira..... 2

    8. Auto socorro carregado ..... 3

    9. Apagador contra a parede ..... 3

  Movimento circular..... 3

    10. Compensação na curva da auto-estrada. .... 3

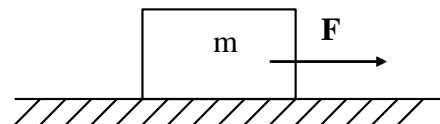
## Leis empíricas da força de atrito de contato

### Sistemas de um corpo

#### 1. Bloco sobre a mesa

Um bloco de massa  $m = 5 \text{ kg}$  repousa sobre o chão horizontal. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o chão é  $\mu = 0,6$ . No instante  $t = 0 \text{ s}$ , uma força horizontal de módulo  $50 \text{ N}$  é aplicada sobre o bloco e mantida constante até  $t = 3 \text{ s}$ , quando cessa completamente. Use  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

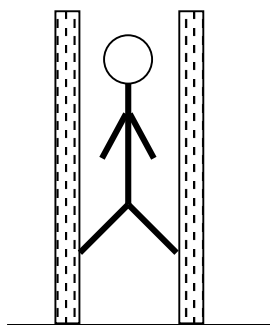
- a) Esboce o gráfico da projeção horizontal da força **resultante** no bloco.
- b) Esboce o gráfico da aceleração do bloco.
- c) Esboce o gráfico da velocidade do bloco.
- d) Determine o instante em que o bloco para.
- e) Determine a distância percorrida pelo bloco, desde  $t=0 \text{ s}$  até parar.



#### 2. Criança parada no batente da porta

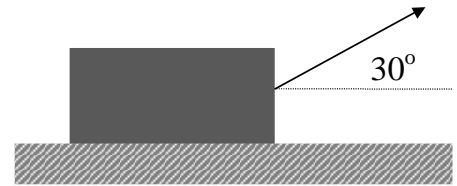
Uma criança se mantém suspensa do chão e parada no batente de uma porta empurrando as laterais do batente com os pés conforme esboço ao lado. O coeficiente de atrito estático entre o calçado e o batente é  $0,8$  e a massa da criança é  $35 \text{ kg}$ .

- a) Esboce o diagrama de corpo livre correspondente à criança.
- b) Mostre que a componente normal da força da criança sobre o batente esquerdo tem mesmo módulo e sinal contrário àquela sobre o batente direito.
- c) Calcule o valor mínimo da componente normal da força da criança sobre o batente.



## 3. Bloco sobre a mesa, força inclinada

Um bloco com 10 kg de massa repousa sobre uma superfície horizontal. O coeficiente de atrito entre o bloco e a superfície é  $\mu = 0,5$ . No instante  $t = 0$  s, aplica-se uma força de módulo 80 N, numa direção que forma  $30^\circ$  com a horizontal conforme a figura ao lado, que atua por 10 s.



Determine

- a velocidade atingida pelo bloco imediatamente após cessar a força.
- a distância percorrida deste  $t = 0$  s até parar.

## 4. Criança puxa o brinquedo

Uma criança arrasta um brinquedo de 1,5 kg ao longo do nível do chão, por uma corda inclinada de  $30^\circ$  com a horizontal. Uma força de atrito cinético de módulo 5,0 N opõe-se ao movimento. A partir do repouso, o brinquedo acelera a  $0,40 \text{ m/s}^2$  por 5 s e, depois, mantém velocidade constante.

Determine:

- a intensidade da força na corda que puxa o carrinho em função do tempo, no intervalo entre 0 e 10 s.
- o coeficiente de atrito entre o brinquedo e o chão.
- o gráfico de posição por tempo, no intervalo entre 0 e 10 s.

## 5. Carro que freia na ladeira

Os coeficientes de atrito estático e cinético entre os pneus de um carro e a estrada são iguais e valem  $\mu = 0,8$ . A massa do carro é 1000 kg. Inicialmente, sua velocidade é 72 km/h e ele trafega em um trecho horizontal, mas termina descendo uma rampa inclinada de  $30^\circ$  em relação à horizontal. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

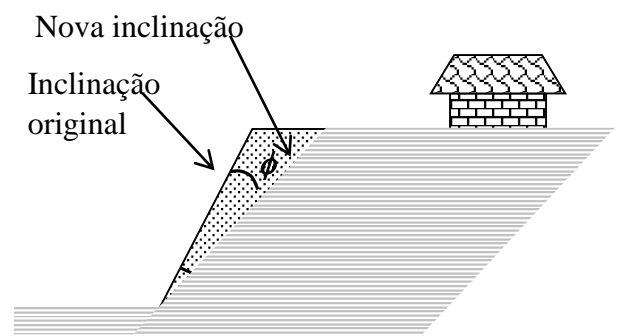
Determine:

- a força de frenagem máxima no trecho horizontal da estrada.
- o tempo necessário para parar no trecho horizontal da estrada.
- a força de frenagem máxima na rampa inclinada.
- o tempo necessário para parar o carro na **descida** da rampa inclinada.

## 6. HRK E5.16 – Ângulo de descanso da barreira

Uma casa é construída no topo de uma montanha inclinada em  $42^\circ$  em relação à horizontal. Sucessivas quedas de material na superfície da rampa indicam que a inclinação deva ser diminuída. O coeficiente de atrito do solo com o solo é 0,55.

Determine a variação  $\phi$  no ângulo de inclinação que garante a estabilidade da rampa.



## Sistemas de dois corpos

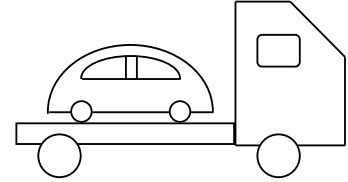
## 7. Caminhão com reboque na ladeira

Um caminhão e seu reboque descem uma ladeira à velocidade constante de 72 km/h. Em um determinado instante, o caminhão freia e todas as rodas escorregam, mas o reboque está com os pneus carecas, de modo que comprime o engate com o caminhão. Dados: massa do caminhão = 15 ton; massa do reboque = 10 ton; inclinação da ladeira  $15^\circ$ ; coeficiente de atrito entre os pneus do caminhão e o chão 0,8 e dos pneus do reboque com o chão 0,4.

- Faça um diagrama de corpo livre do caminhão e outro do reboque
- Calcule a força no engate do reboque no caminhão durante a freada.
- Determine o tempo necessário para parar o caminhão, desde o início da freada.
- Determine a distância percorrida pelo caminhão desde o início da freada até sua parada total.

### 8. Auto socorro carregado

Um caminhão transporta um carro na sua carroceria, como indica a figura ao lado. O caminhão desloca-se em linha reta com velocidade  $v$ . O coeficiente de atrito estático entre o carro e o caminhão é  $\mu$ .



- Faça o diagrama de corpo livre correspondente ao carro (=represente, por meio de um desenho, as forças que atuam sobre o carro).
- Determine a máxima aceleração que pode ser impressa ao caminhão para que o carro não escorregue.
- Determine a força de frenagem máxima que pode ser aplicada ao caminhão sem que o carro se choque com a cabine.
- Na condição do item c) acima, determine a distância percorrida pelo caminhão desde o início da frenagem até parar.

### 9. Apagador contra a parede

Uma força horizontal  $F$  empurra um bloco de peso  $P$  contra uma parede vertical. O coeficiente de atrito estático entre a parede e o bloco é  $\mu_e$  e o coeficiente de atrito cinético é  $\mu_c$ . Considere que o bloco está inicialmente em repouso.

- Esboce o diagrama de corpo livre do bloco.
- Determine o menor valor da força  $F$  para que o bloco não se mova.
- Usando  $F = 50$  N,  $P = 20$  N,  $\mu_e = 0,6$  e  $\mu_c = 0,4$ , determine o valor da força da parede sobre o bloco.
- Mesmo que no item anterior, mas com  $F = 30$  N e os demais dados iguais.

## Movimento circular

### 10. Compensação na curva da auto-estrada.

Em uma estrada, uma curva compensada em forma de arco de circunferência de raio  $R$  é projetada para ser realizada a uma velocidade ideal  $v_i = 64$  km/h.

- Esboce o diagrama de corpo livre de um automóvel nessa curva compensada, isto é, numa curva inclinada em um ângulo  $\theta$  com a horizontal de forma que a parte interna está mais baixa que a externa.
- Se  $R = 120$  m, determine o ângulo  $\theta$  correto de inclinação da estrada (em outras palavras, determine o ângulo de inclinação da pista que permita realizar a curva mesmo sem atrito entre pneu e pista).
- Determine o coeficiente de atrito mínimo entre os pneus e a estrada que evitaria a derrapagem de um veículo àquela velocidade quando a pista em curva não fosse inclinada e sim completamente horizontal.