

Conceitos fundamentais sobre o atrito

Aula 17 / Página 314 / Apostila 3

Apresentação e demais documentos: fisicasp.com.br

Professor Caio – Física A

1. Revisão

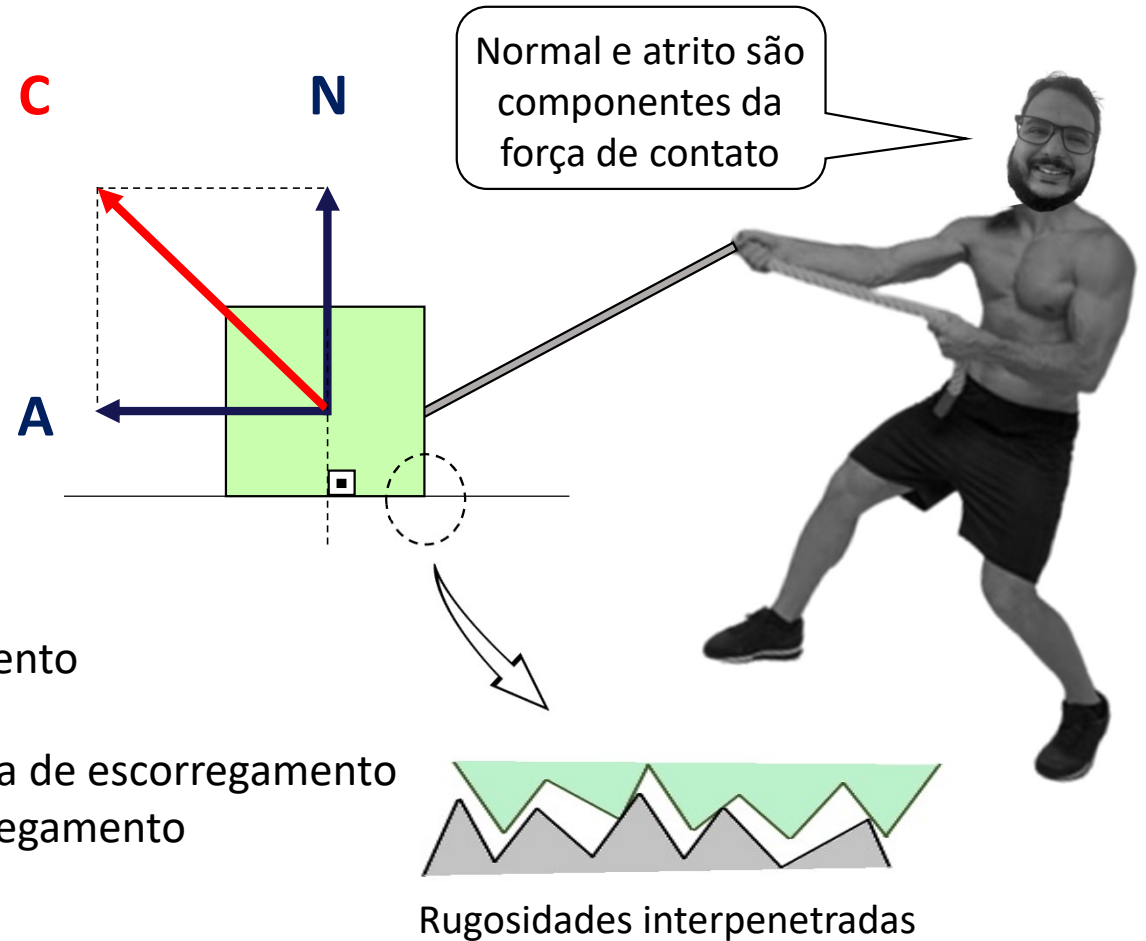
Força de contato (\vec{C})

Normal (\vec{N})

- **Conceito:** impede a penetração
- **Direção:** perpendicular à superfície de apoio
- **Sentido:** contrário à tendência de penetração
- **Condição:** tentativa de penetração

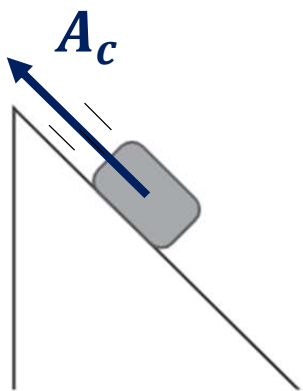
Atrito (\vec{A})

- **Conceito:** impede ou tenta impedir o escorregamento
- **Direção:** paralelo à superfície de apoio
- **Sentido:** contrário ao escorregamento ou tentativa de escorregamento
- **Condição:** escorregamento ou tentativa de escorregamento

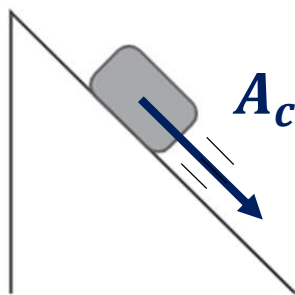


2. Exemplos de marcação do atrito

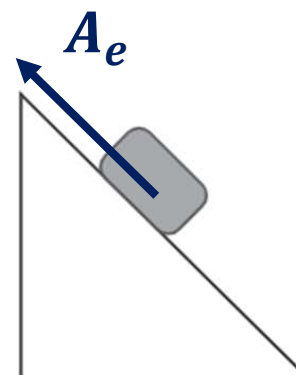
1. Bloco escorregando (descendo)



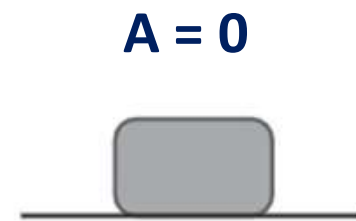
2. Bloco escorregando (subindo)



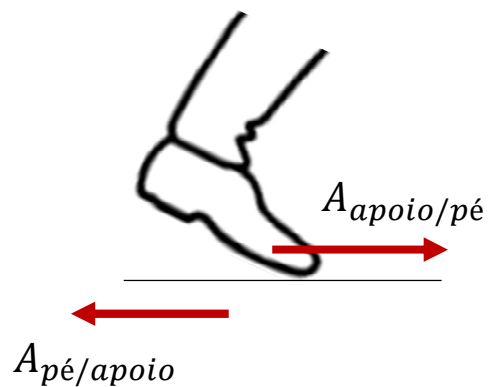
3. Bloco em repouso



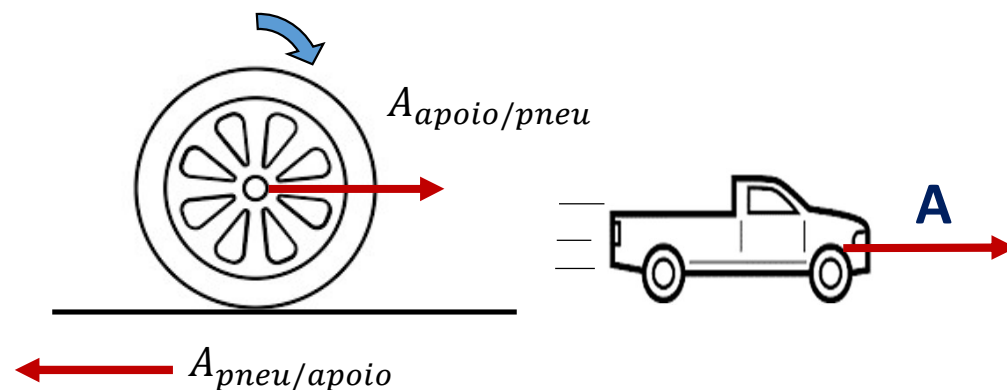
4. Bloco em repouso



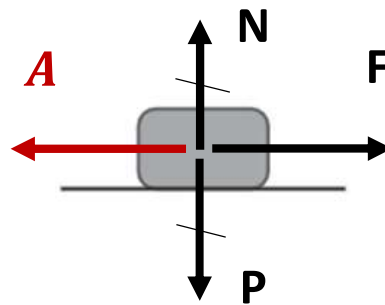
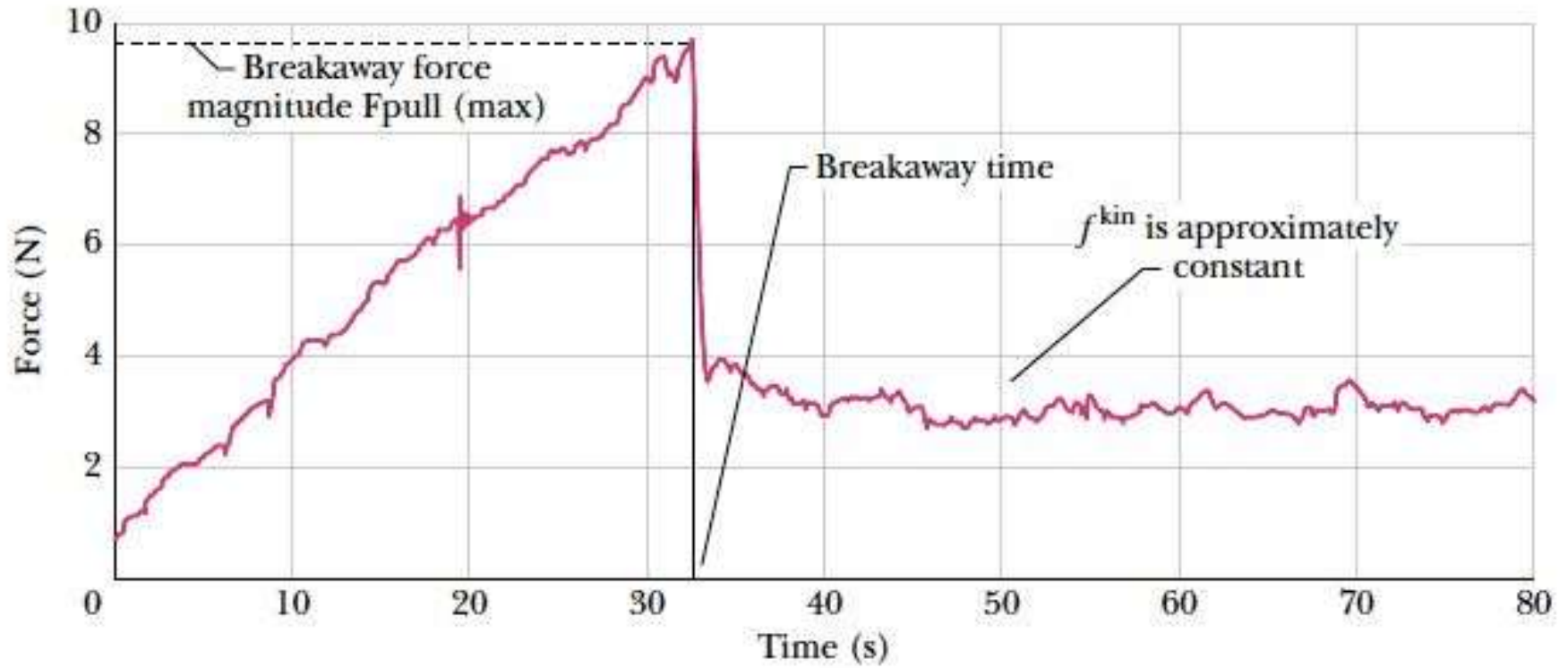
5. Pessoa caminhando



6. Carro arrancando (roda motriz)



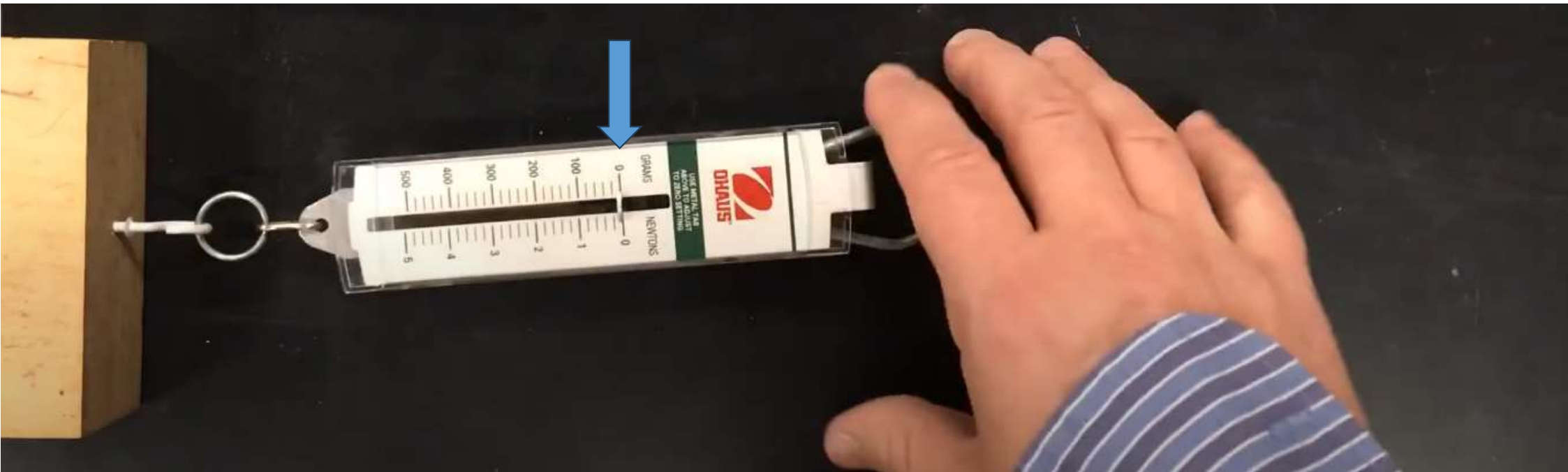
3. Detalhamento



3. Detalhamento

Repouso

$$F = 0$$

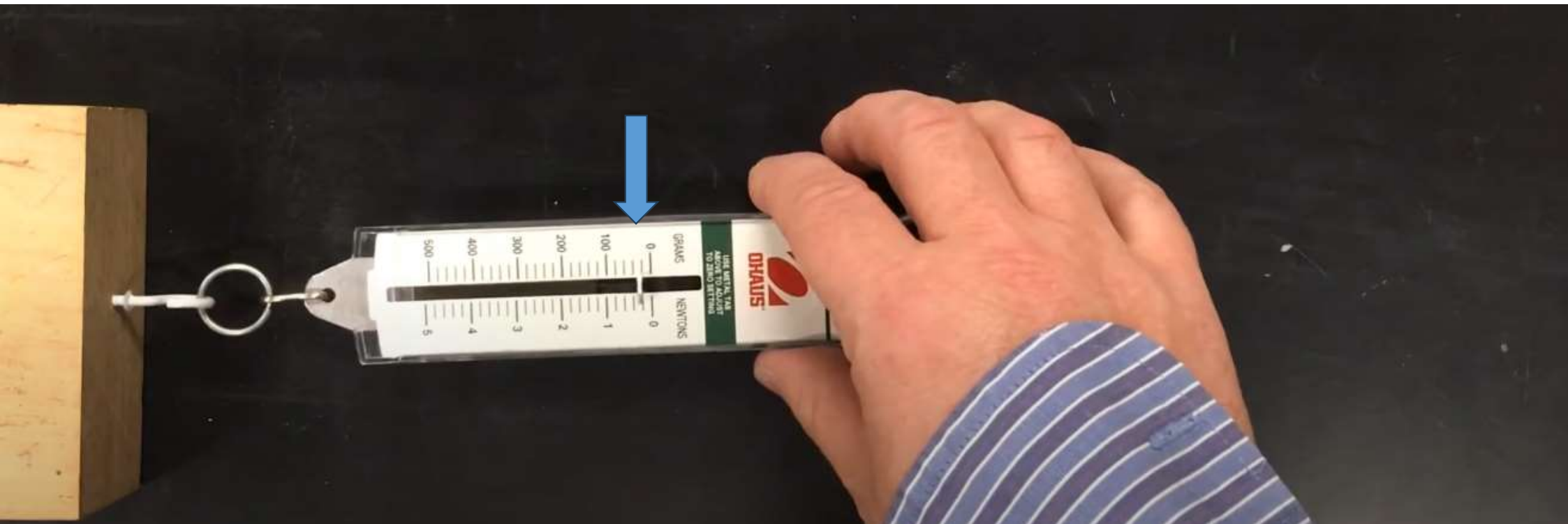


<https://www.youtube.com/watch?v=jRyRqByjnXE> (7:48 até 8:10)

3. Detalhamento

Repouso

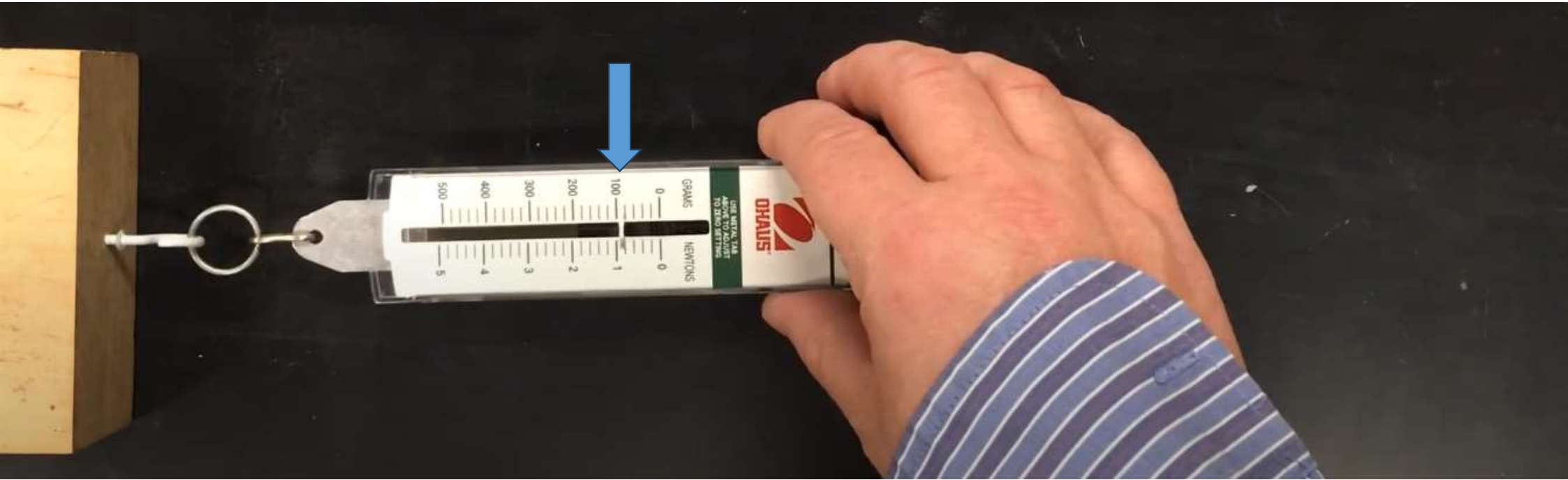
$$F = 20\text{N}$$



3. Detalhamento

Repouso

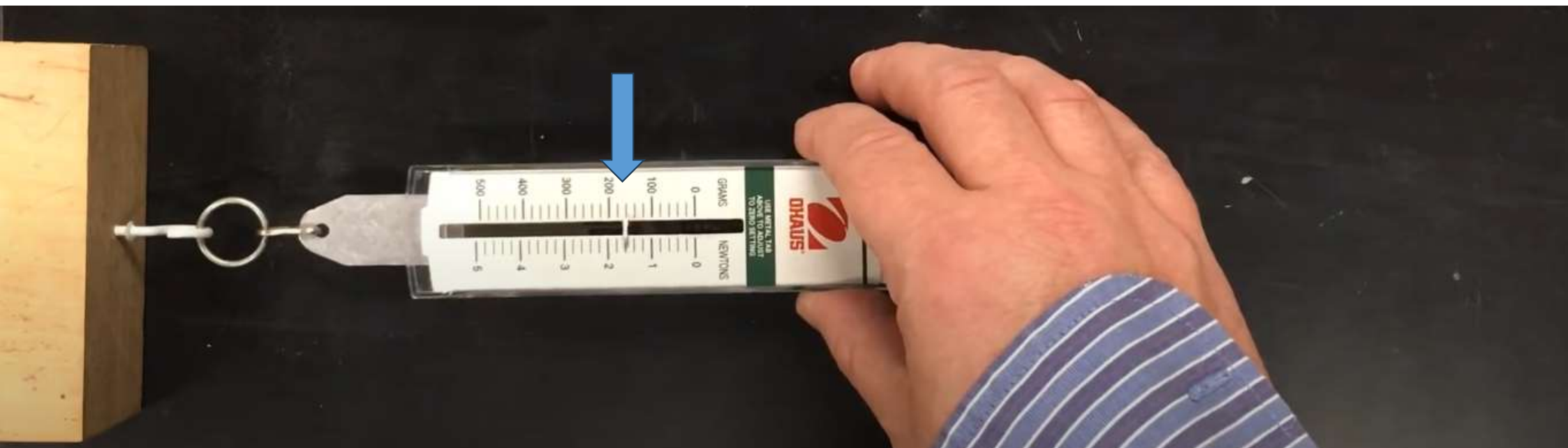
$$F = 80\text{N}$$



3. Detalhamento

Repouso

$$F = 160\text{N}$$



3. Detalhamento

Repouso

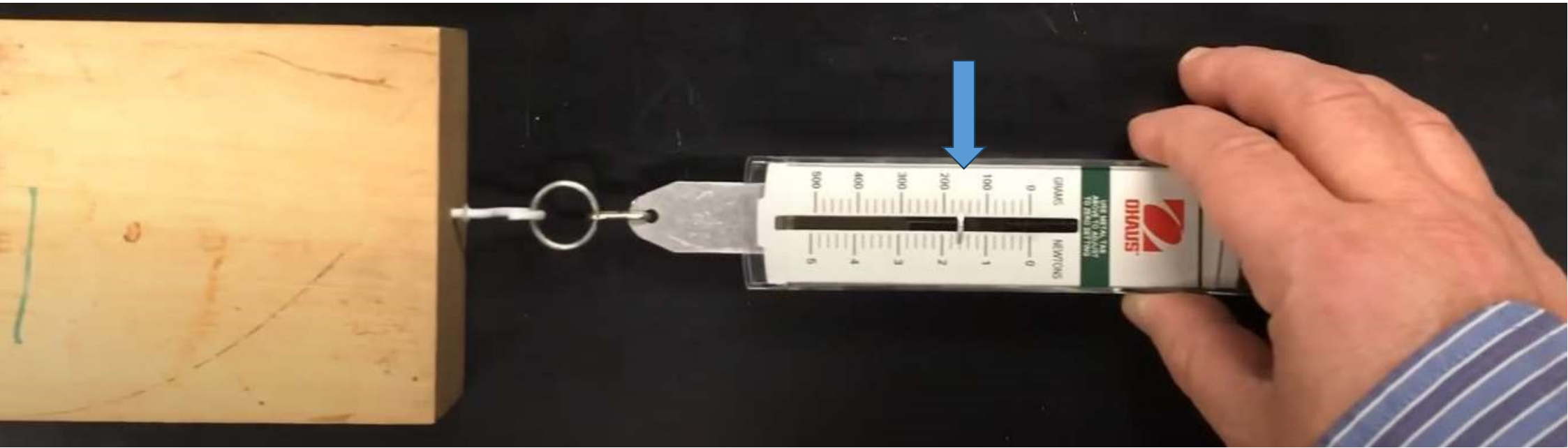
$$F = 200\text{N}$$



3. Detalhamento

Movimento

$$F = 150\text{N}$$



3. Detalhamento

Movimento

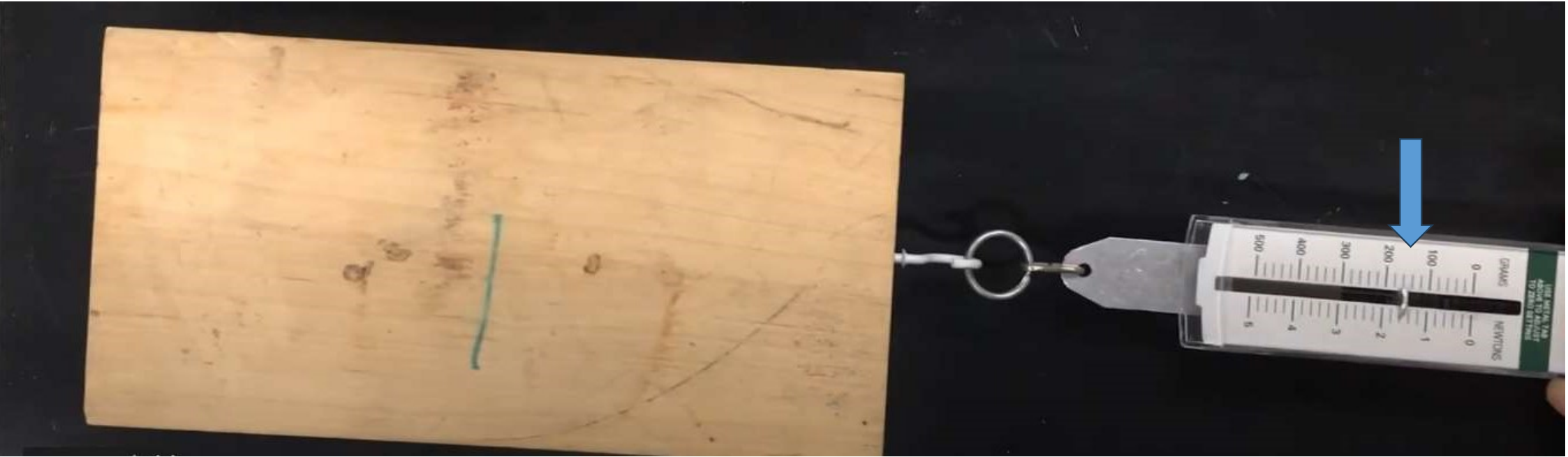
$$F = 150\text{N}$$



3. Detalhamento

Movimento

$$F = 150\text{N}$$



3. Detalhamento — Atrito estático → tendência de escorregamento → sem escorregar) → $R = 0$

$A_e = 0$ $F = 0$ $A_e = F$



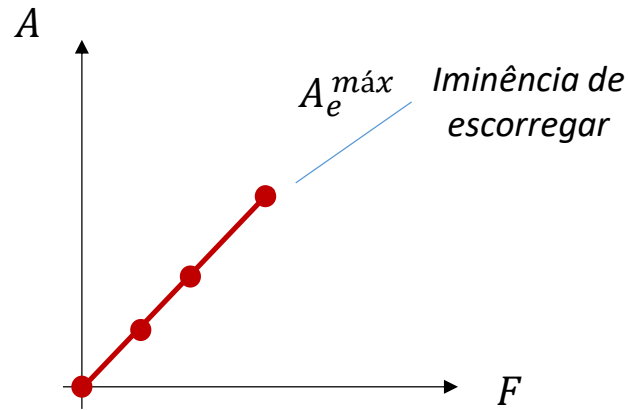
$A_e = 20 \text{ N}$ $F = 20 \text{ N}$



$A_e = 80 \text{ N}$ $F = 80 \text{ N}$



$A_e = 200 \text{ N}$ $F = 200 \text{ N}$



F	A
0	0
20	20
80	80
⋮	⋮
200	200

3. Detalhamento *Atrito cinético* → *escorregamento*

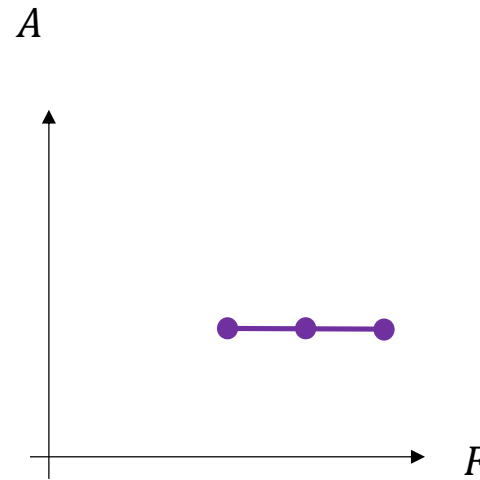
$A_c = 150 \text{ N}$ $F = 150 \text{ N}$



$A_c = 150 \text{ N}$ $F = 180 \text{ N}$



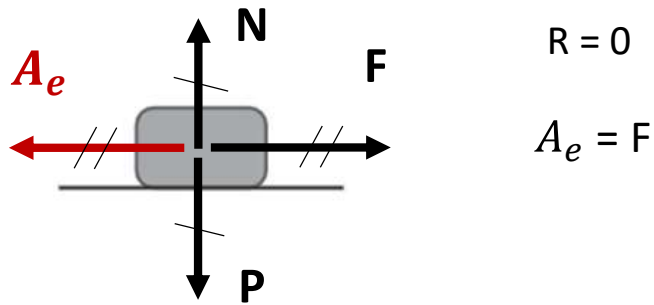
$A_c = 150 \text{ N}$ $F = 210 \text{ N}$



F	A
150	150
180	150
210	150

3. Detalhamento

Atrito estático → tendência de escorregamento (sem escorregar)



$$A_e^{\text{máx}} = \mu_e \cdot N$$

μ_e : coeficiente de atrito estático

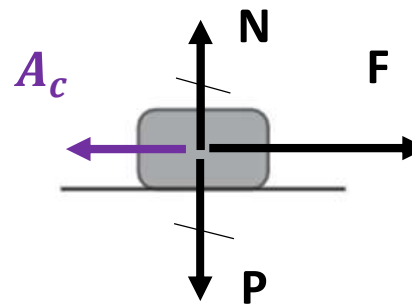
Exemplo:

$$\mu_e = 0,5 \quad N = P = 400 \text{ N}$$

$$A_e^{\text{máx}} = 0,5 \cdot 400 = 200 \text{ N}$$

Condição para não escorregar: $A_e \leq A_e^{\text{máx}}$

Atrito cinético → escorregamento



$$A_c = \mu_c \cdot N$$

μ_c : coeficiente de atrito cinético

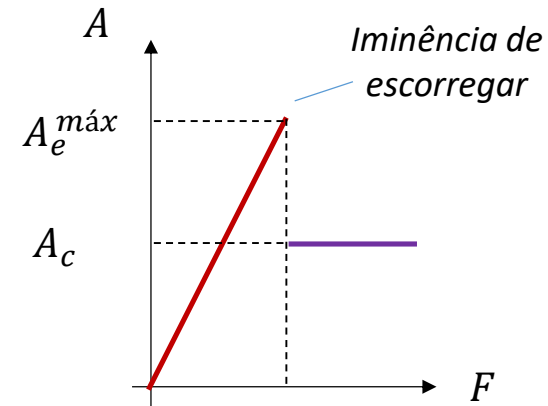
Exemplo:

$$\mu_c = 0,375 \quad N = P = 400 \text{ N}$$

$$A_c = 0,375 \cdot 400 = 150 \text{ N}$$

F	A
0	0
20	20
80	80
⋮	⋮
200	200
180	150
210	150

Red bracket on the right side of the table indicates the static friction region (A_e), and a purple bracket indicates the kinetic friction region (A_c).



Dicas

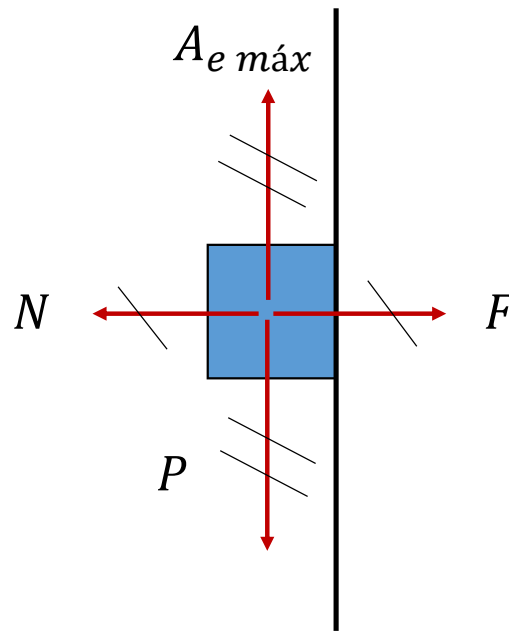
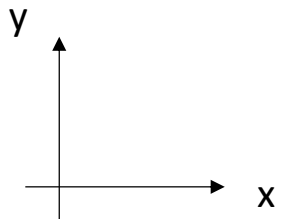
1. O bloco da figura abaixo se encontra em repouso, sujeito a uma força de intensidade F e apoiado em uma parede.

Calcule a menor intensidade da força F para que bloco permaneça em repouso.

Dados:

- Massa do bloco: m
- Intensidade do campo gravitacional : g
- Coeficiente de atrito estático: μ_e

- $A_e \text{ máx}$
- $R = 0$
- iminência de movimento



Horizontal ($R_x = 0$)

$$F = N$$

Vertical ($R_y = 0$)

$$A_e \text{ máx} = P$$

$$\mu_e \cdot N = m \cdot g$$

$$\mu_e \cdot F = m \cdot g$$

$$F = \frac{m \cdot g}{\mu_e}$$

E se a força F for inclinada?

Horizontal ($R_x = 0$)

Vertical ($R_y = 0$)

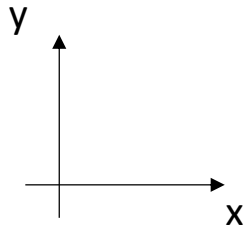
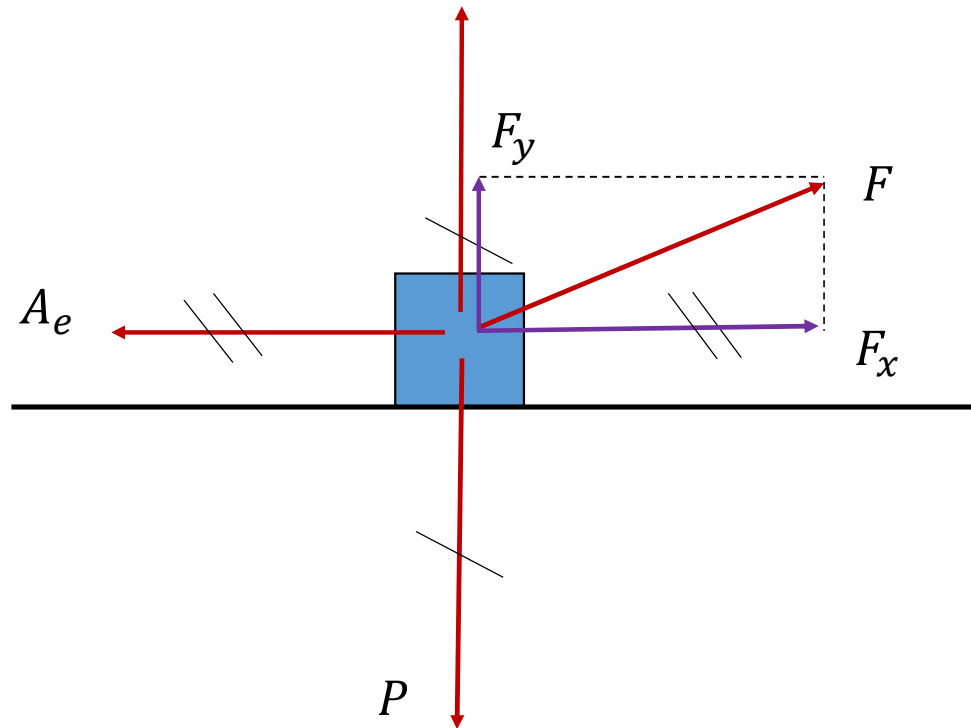
Exemplo de iminência de movimento

- A_e máx
- $R = 0$

N

$$A_e = F_x$$

$$N + F_y = P$$



Exercícios



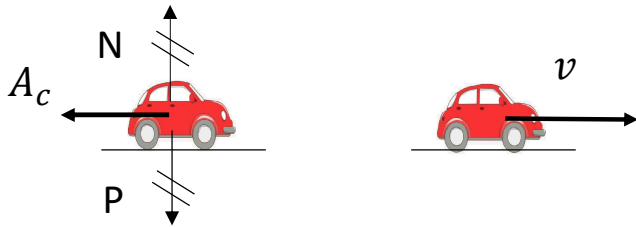
1. Um carro, no município de Ribeirão Pires, desenvolve velocidade de 20 m/s quando o seu motorista vê, subitamente, à sua frente, um semáforo mudando do verde para o amarelo. A luz amarela fica acesa por um intervalo de tempo de cerca de $3,0 \text{ s}$, quando muda para o vermelho. Quando o motorista vê a mudança do semáforo (de verde para amarelo), ele se encontra a 45 m da faixa de pedestres.



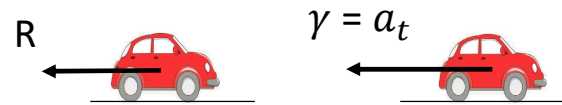
O motorista decide frear e parar antes da faixa. Ele pisa no freio, o que faz com que as rodas travem e, conseqüentemente, o carro escorregue. A frenagem não começa no momento em que o motorista vê a mudança do semáforo, pois há um tempo de reação, que foi de $1,0 \text{ s}$.

Quanto é o menor coeficiente de atrito para que ele consiga parar antes da faixa?

MRR (brecada)



- $t_0 = 0$
- $v_0 = 20 \text{ m/s}$

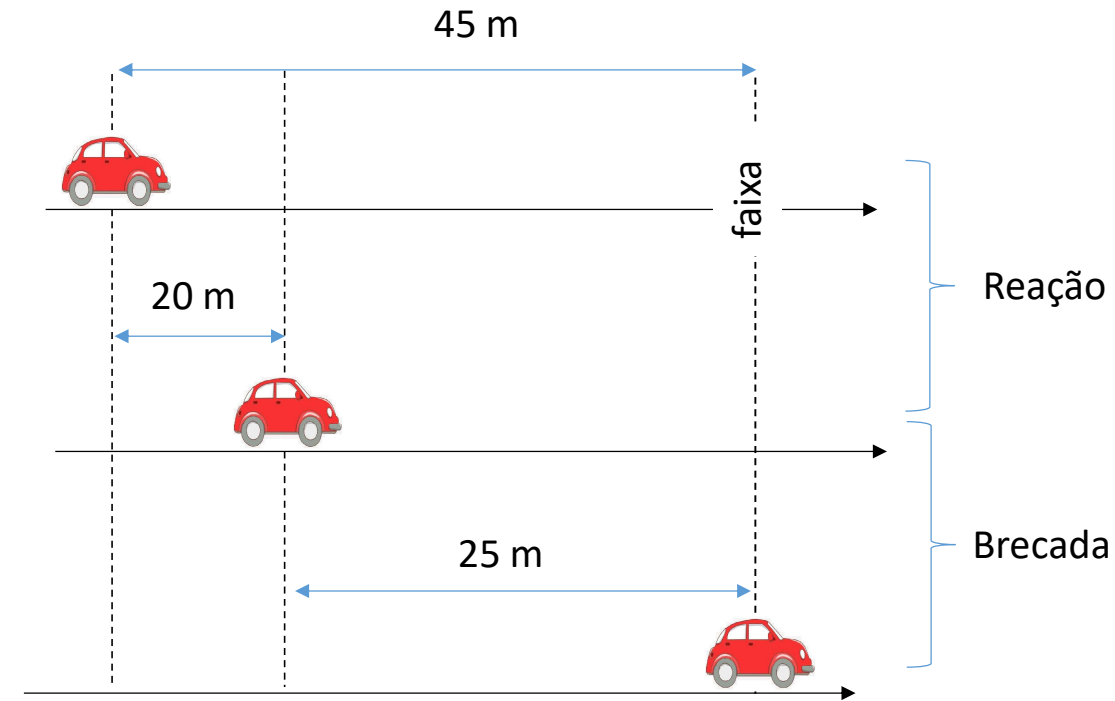


- $t = 1 \text{ s}$
- $v_0 = 20 \text{ m/s}$

$\mu_{cin\ mín} = ?$

Brecada

- t
- $v = 0$



O ΔS restante é o limitador $\rightarrow |a_{mín}| \rightarrow \mu_{cin\ mín}$

$$|\vec{\gamma}| = |\vec{a}_t| = |a|$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S$$

$$0^2 = 20^2 + 2a \cdot 25$$

$$0 = 400 + 50a$$

$$-400 = 50a$$

$$a = \frac{-400}{50} = -8 \text{ m/s}^2$$

$$\vec{R} = m \cdot \vec{\gamma}$$

$$R = m \cdot |a|$$

$$A = m \cdot |a|$$

$$\mu \cdot N = m \cdot |a|$$

~~$$\mu \cdot m \cdot g = m \cdot |a|$$~~

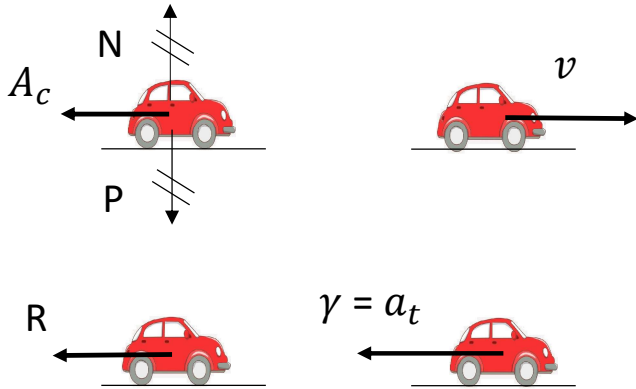
$$\mu \cdot g = |a|$$

$$\mu = \frac{|a|}{g}$$

$$\mu = \frac{8}{10}$$

$$\mu_{mín} = 0,8$$

MRR (brecada)



Brecada

O ΔS restante é o limitador



$$|a_{\min}| = 8 \text{ m/s}^2$$



Qual o intervalo de tempo de duração da brecada?



$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta V}{a} = \frac{0 - 2}{-8} = 2,5 \text{ s}$$



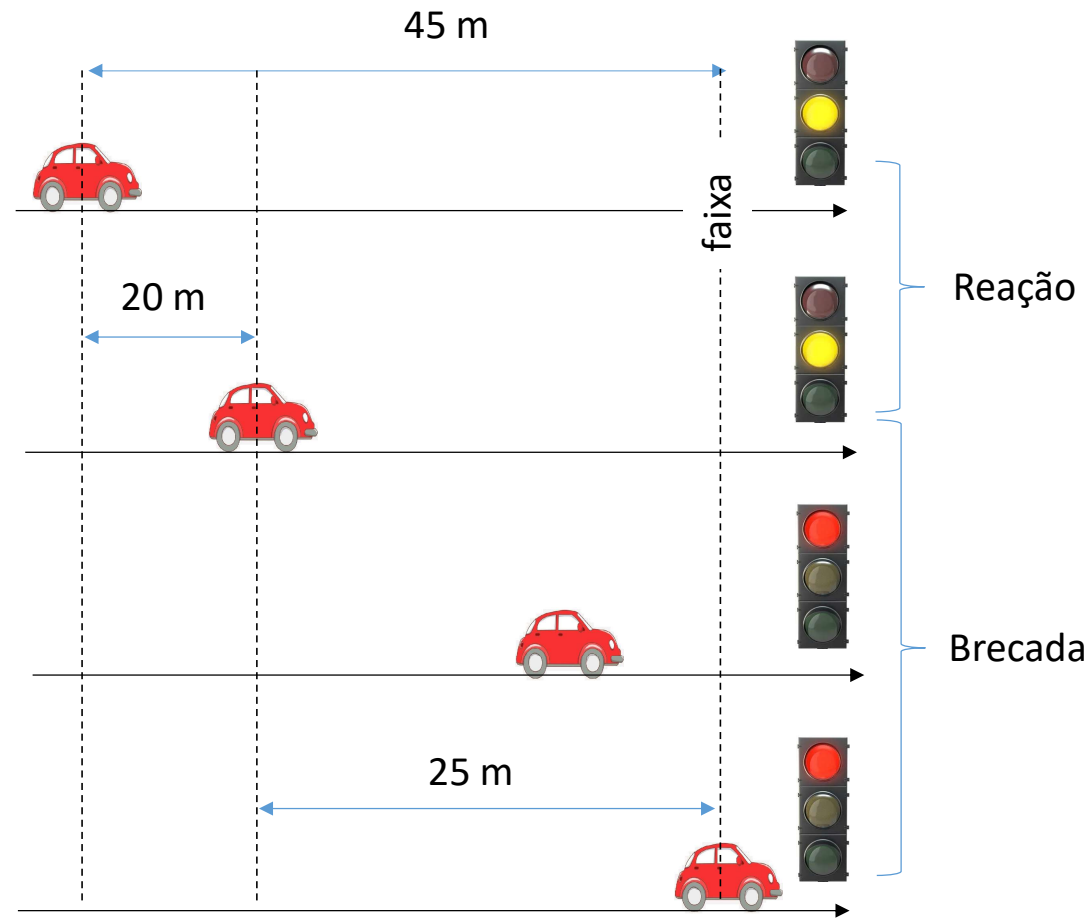
Conclusão: o carro para antes da faixa (praticamente sobre ela) e 0,5 s depois do semáforo ter ficado vermelho

- $t_0 = 0$
- $v_0 = 20 \text{ m/s}$

- $t = 1 \text{ s}$
- $v_0 = 20 \text{ m/s}$

- $t = 3 \text{ s}$

- $t = 3,5 \text{ s}$
- $v = 0$



Brecada

E se utilizarmos o intervalo de tempo restante como limitador?



$$v = v_0 + a \cdot \Delta t$$

$$0 = 20 + a \cdot 2$$

$$-20 = 2 \cdot a$$

$$a = -10 \text{ m/s}^2$$



A intensidade da aceleração é maior do que a mínima!



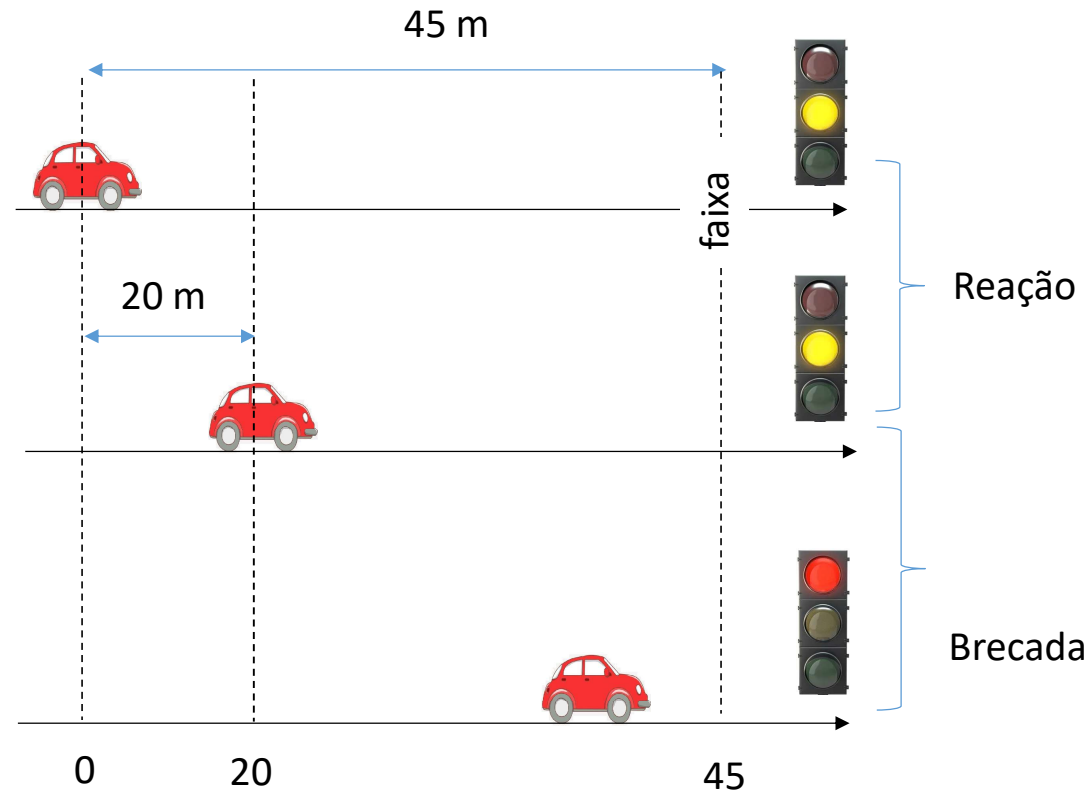
Onde o carro para?



- $t_0 = 0$
- $v_0 = 20 \text{ m/s}$

- $t = 1 \text{ s}$
- $v_0 = 20 \text{ m/s}$

- $t = 3 \text{ s}$
- $v = 0$



$$S = S_0 + v_0 \cdot \Delta t + \frac{1}{2} a \cdot \Delta t^2$$

$$S = 20 + 20 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot (-10) (2)^2$$

$$S = 60 - 20$$

$$S = 40 \text{ m}$$

Conclusão: o carro para 5m antes da faixa