

Física 1 – Ciências Moleculares

Caetano R. Miranda **AULA 17 – 09/11/2023**

crmiranda@usp.br



sampa

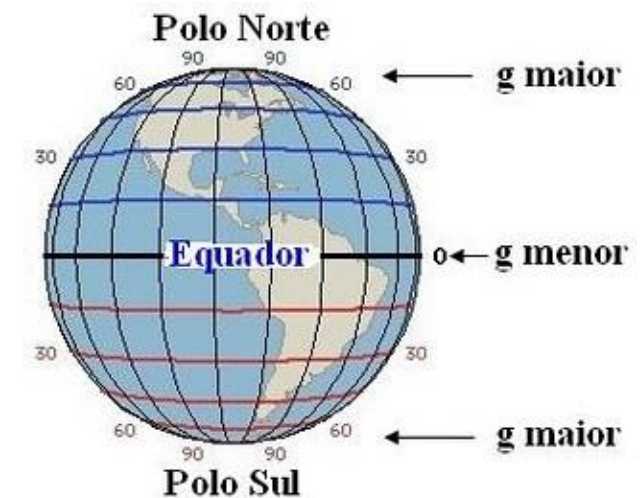


Exemplos de Aplicação da 2ª Lei

Força Peso

- Atrai o corpo para o objeto astronômico mais próximo (Terra);
- Força da **aceleração da gravidade**;
- Maior ao nível do mar → diminui com a altitude.

$$\vec{P} = m \vec{g}$$

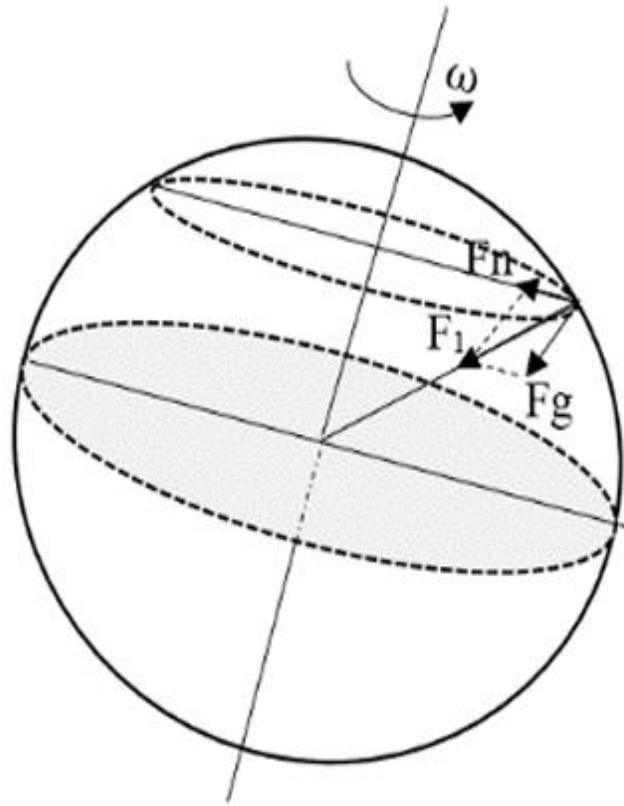


Influence Factors of Gravitational Acceleration near the Earth

Xuefeng Shi, Xingsheng Wang, Ling Zhang and Kaimin Guo*

School of Physical Science and Technology, Baotou Teachers' College, Baotou, China

Como a gravidade muda com a latitude



$$\vec{F}_1 = \vec{F}_g + \vec{F}_n$$

$$F_n = m\omega^2 R \cos \theta$$

$$F_g = mg$$

$$F_1 = G \frac{Mm}{R^2}$$

Figure 1. The force analysis of universal gravitation and gravity.

$$(mg)^2 = (m\omega^2 R \cos \theta)^2 + \left(G \frac{Mm}{R^2}\right)^2 - 2 (m\omega^2 R \cos \theta) \left(G \frac{Mm}{R^2}\right) \cos \theta$$
$$g = \sqrt{(\omega^2 R^2 - 2G \frac{M}{R}) \omega^2 \cos^2 \theta + G^2 \frac{M^2}{R^4}}$$

Como a gravidade muda com a latitude

$$g = \sqrt{(\omega^2 R^2 - 2G \frac{M}{R})\omega^2 \cos^2 \theta + G^2 \frac{M^2}{R^4}}$$

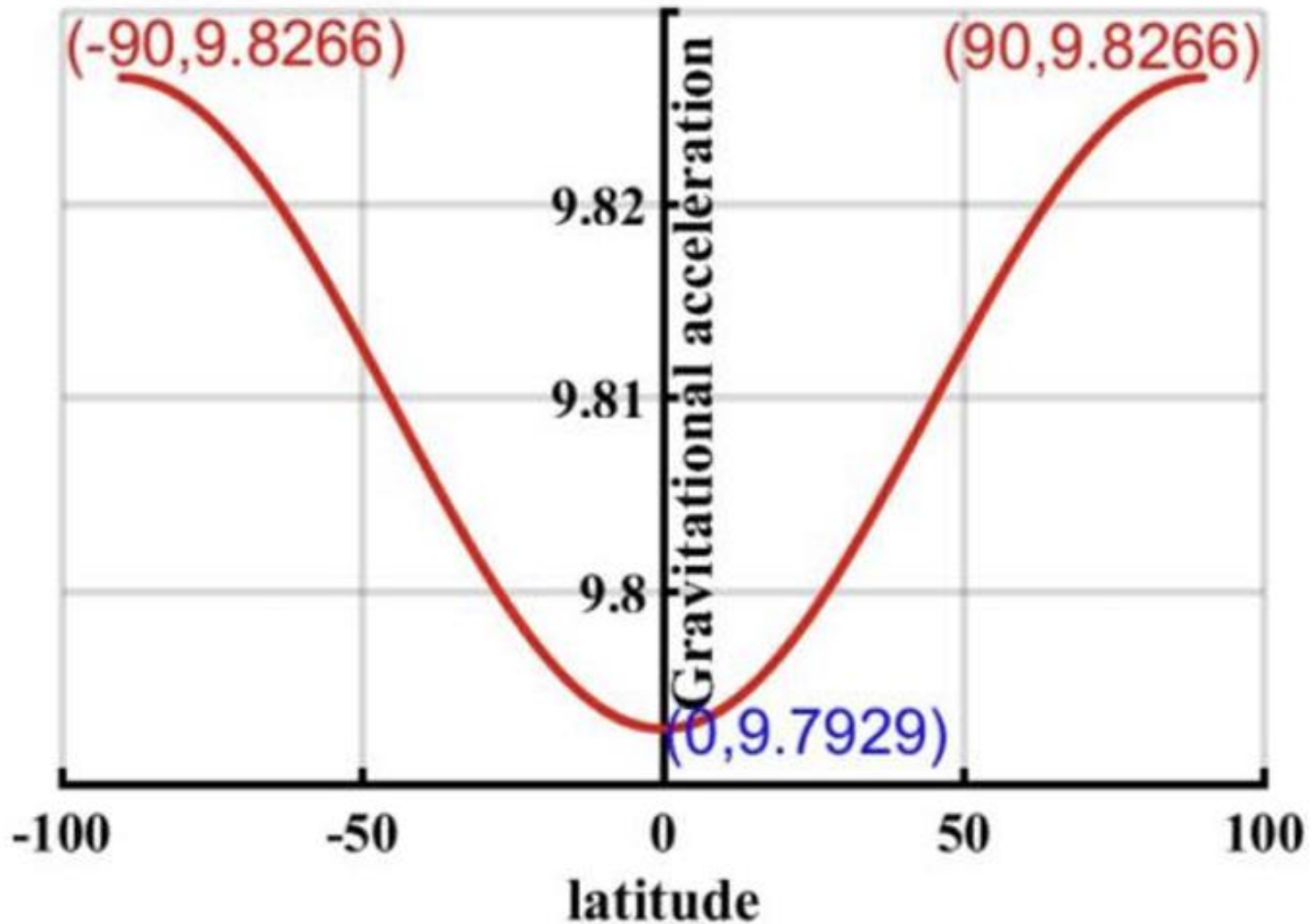
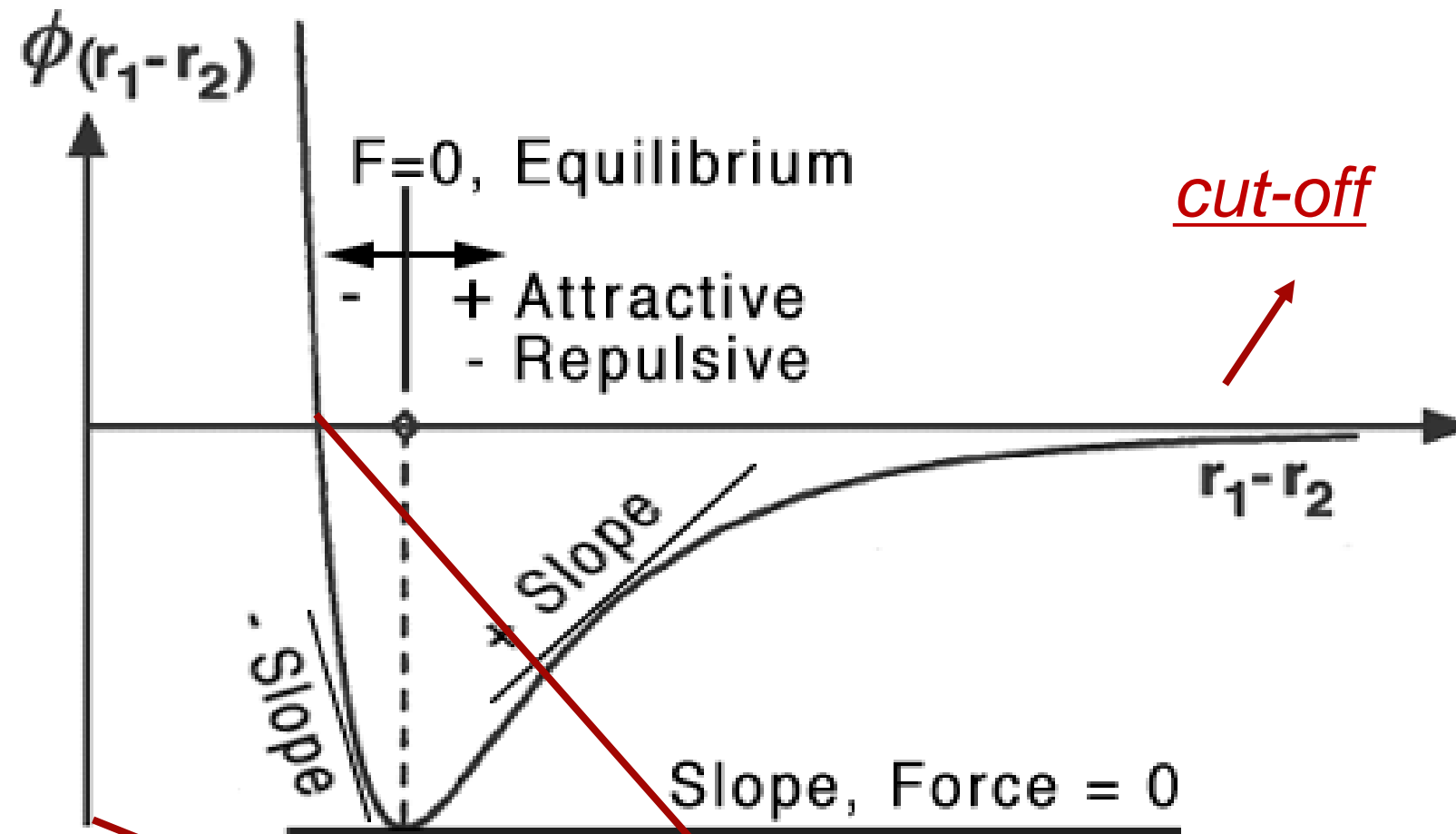


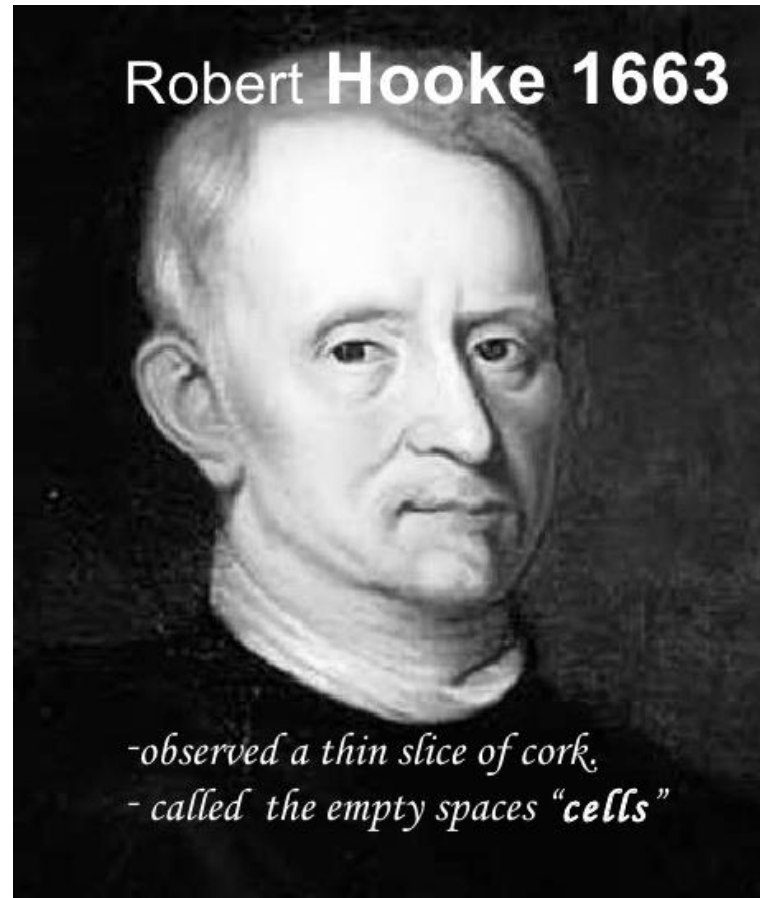
Figure 2. The relationship of gravitational acceleration and latitude.

Potencial Lennard-Jones



$$u(r) = 4\epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^6 \right]$$

Forças restauradoras



"Se eu vi mais longe, foi por estar **de pé sob ombros de gigantes**"
(Isaac Newton).

Forças de Contato: Sólidos

Se uma superfície é empurrada, ela empurra de volta.

Região de contato: a roda empurra o solo

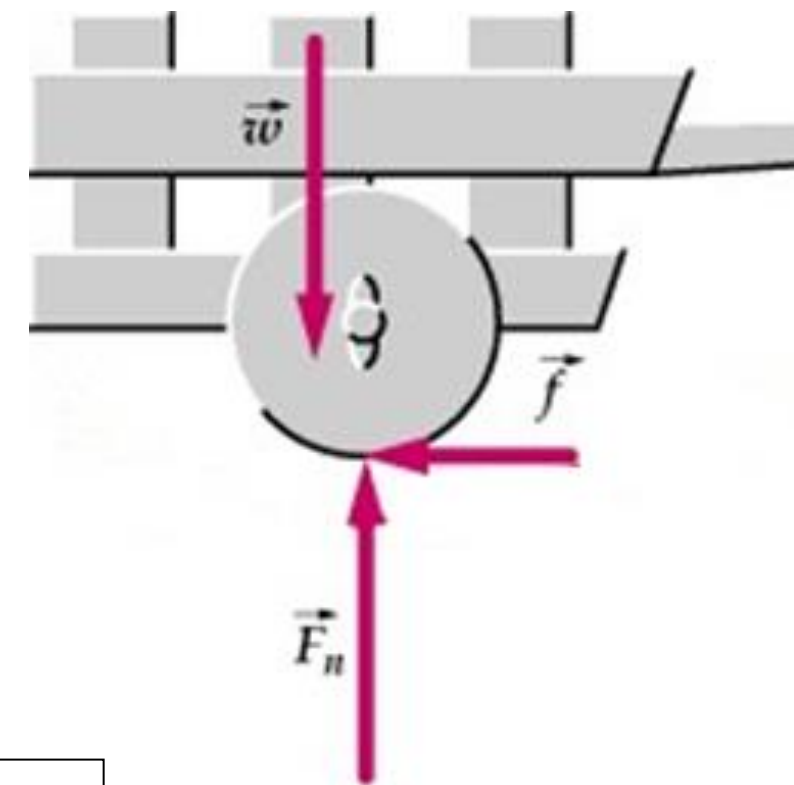
- força vertical
- comprimindo a distância entre as moléculas na superfície do solo.

As moléculas comprimidas empurram de volta a roda.

Força perpendicular às superfícies de contato = **Força Normal**.

Força de Atrito: outra força de contato, paralela à superfície que impede o deslizamento relativo entre as superfícies.

origem eletromagnética



Forças de Contato: Fios

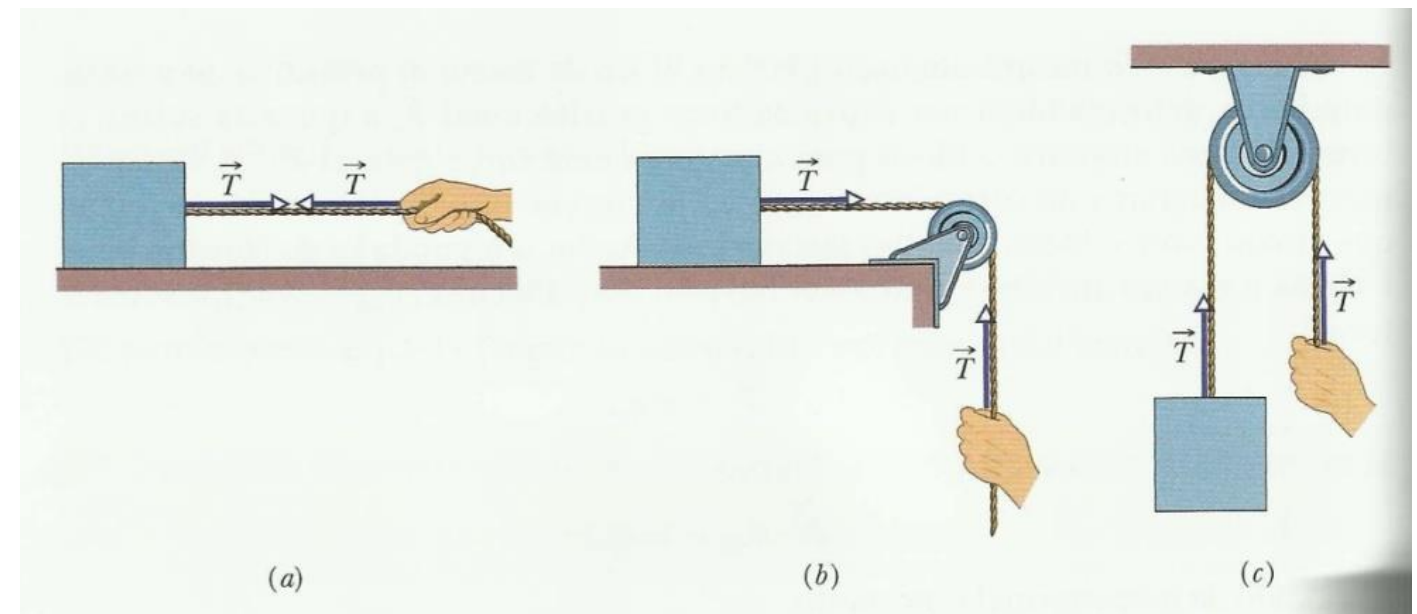
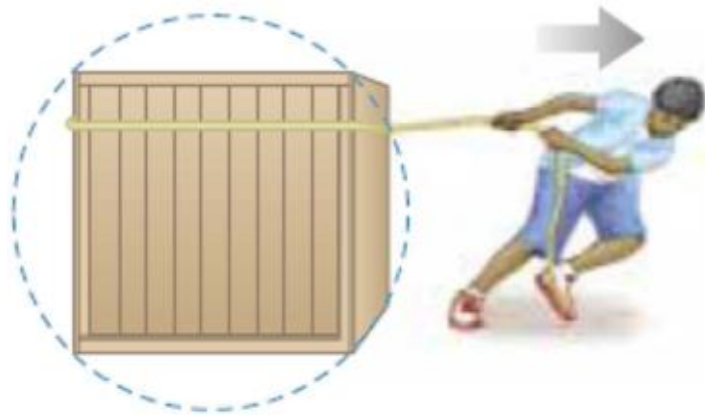
Usados para puxar coisas

- Fio = mola de constante elástica muito alta (elongação desprezível).

Flexíveis = não servem para empurrar; permitem a alteração da direção de aplicação de forças = POLIAS

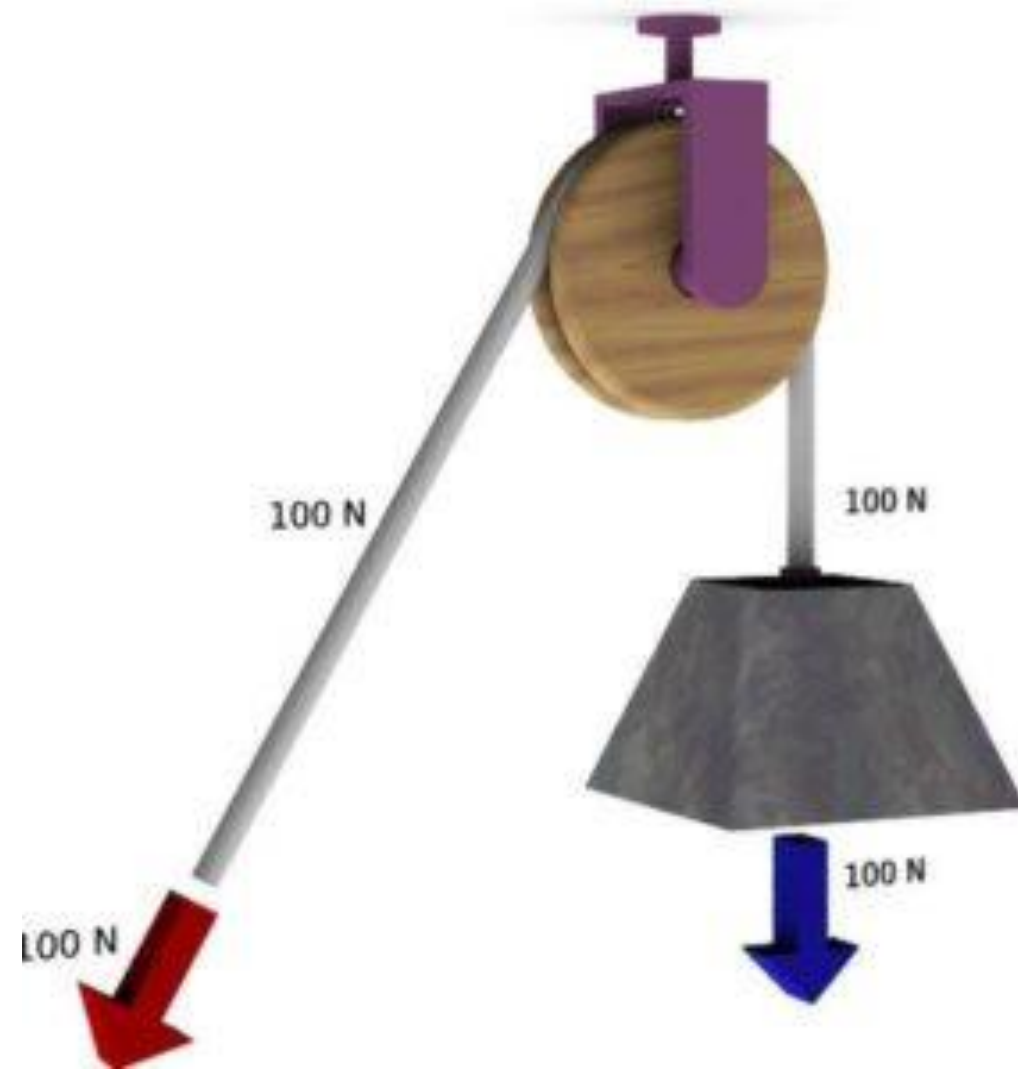
Tensão (T): magnitude da força que um segmento do fio exerce sobre outro

Massa do fio e seu atrito: desprezíveis



Demonstração 4 - Polias

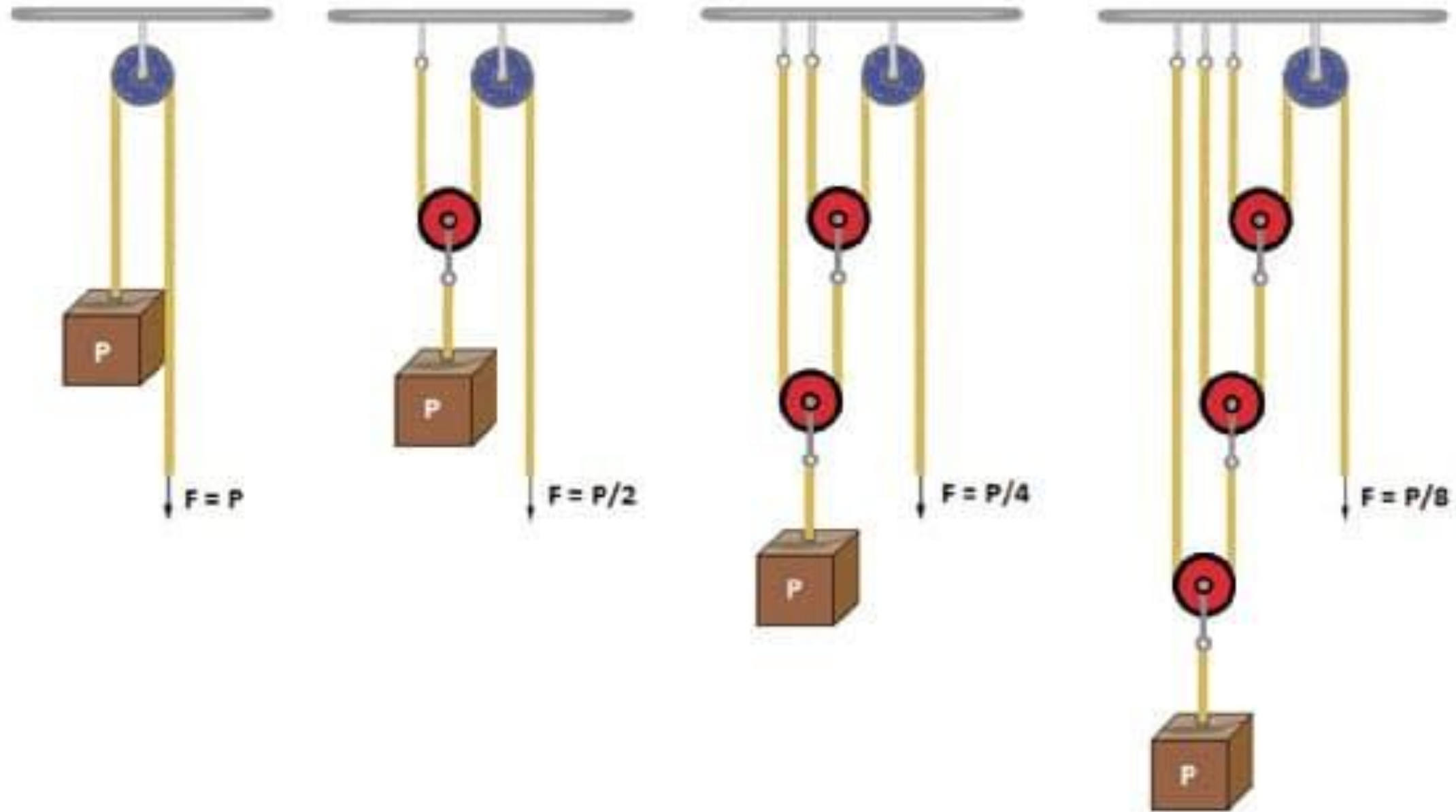


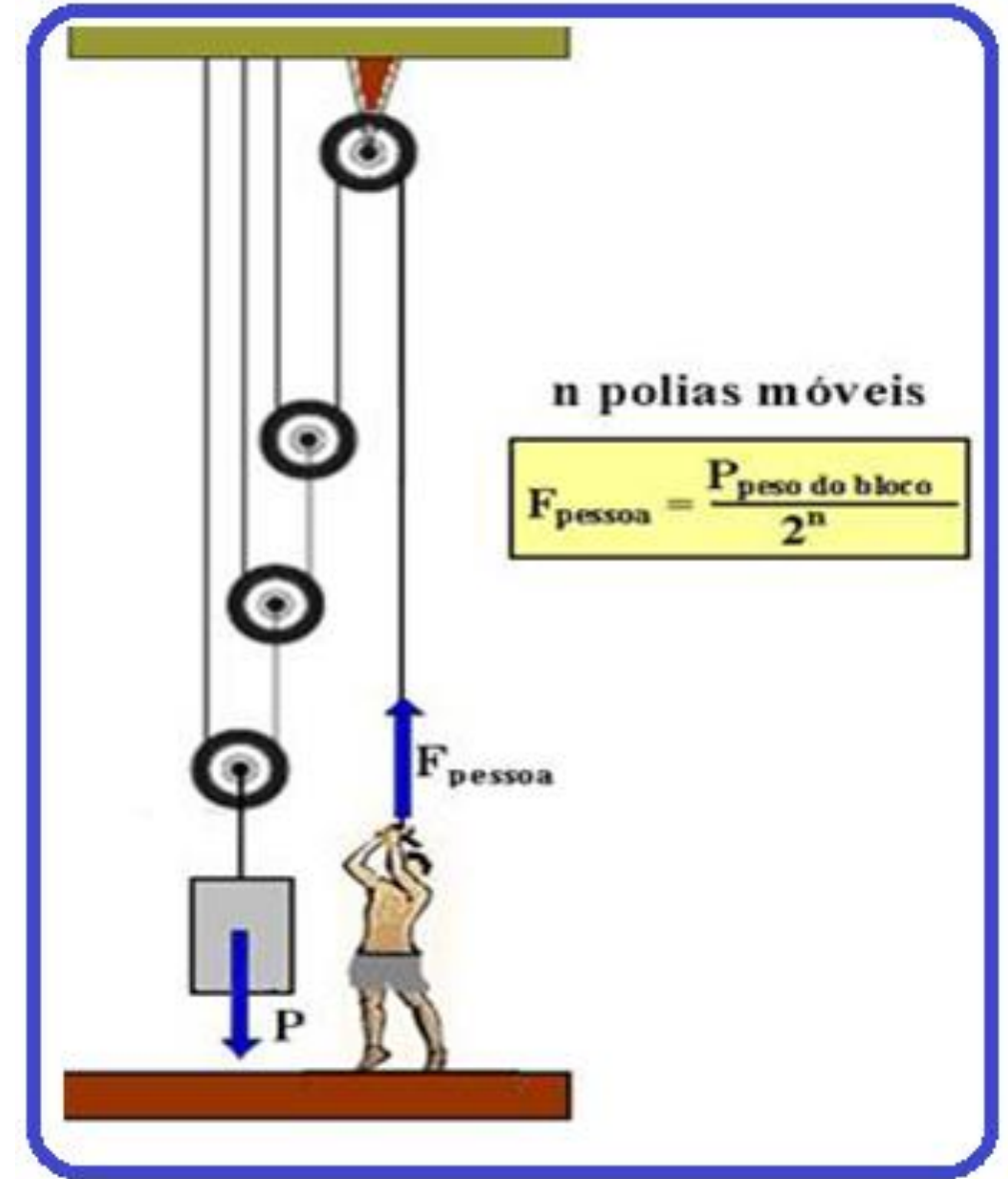


polia fixa permite que você **altere a direção da força** necessária.



polia se move enquanto você **movimenta a carga**





O Espetacular Homem-Aranha™ 2 (2014)

Contém – Spoiler !!!



Qual a causa da morte de Gwen Stacy?

- 1) Foi o ataque do Duende Verde que a jogou ?
- 2) Teria sido o medo durante a queda?
- 3) Ou foi a parada brusca causada pela ação do Homem-Aranha?



Qual a força atuando sobre a Gwen ?

Premissas:

$$h = 100 \text{ m}$$

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

$$\text{Massa} = 50 \text{ kg}$$

- Velocidade terminal

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot h$$

$$= 2 \cdot 10 \cdot 100$$

$$v \sim 45 \text{ m/s}$$

- Força

$$F = m \cdot dv/dt$$

$$F \cdot dt = m \cdot dv$$

- Premissas 2:

$$dv = 45 - 0 = 45 \text{ m/s}$$

$$dt = 0,5\text{s}$$

Mudança brusca de
velocidade

- Força

$$F \cdot dt = m \cdot dv$$

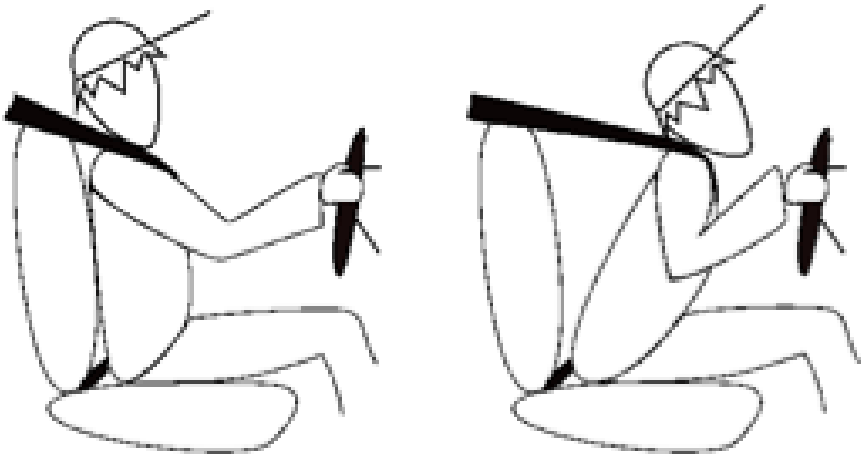
$$F = 50 \cdot 45 / 0.5$$

$$F = 4500 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

- Força

$$F \sim 9 F_g !!!$$

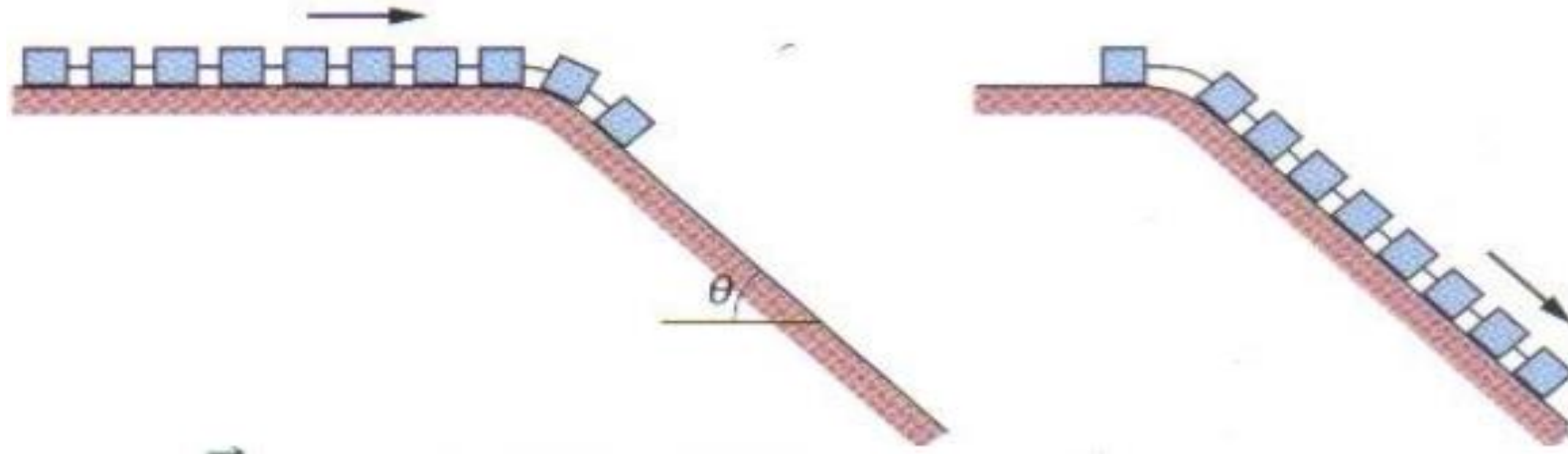
A Física dos super heróis



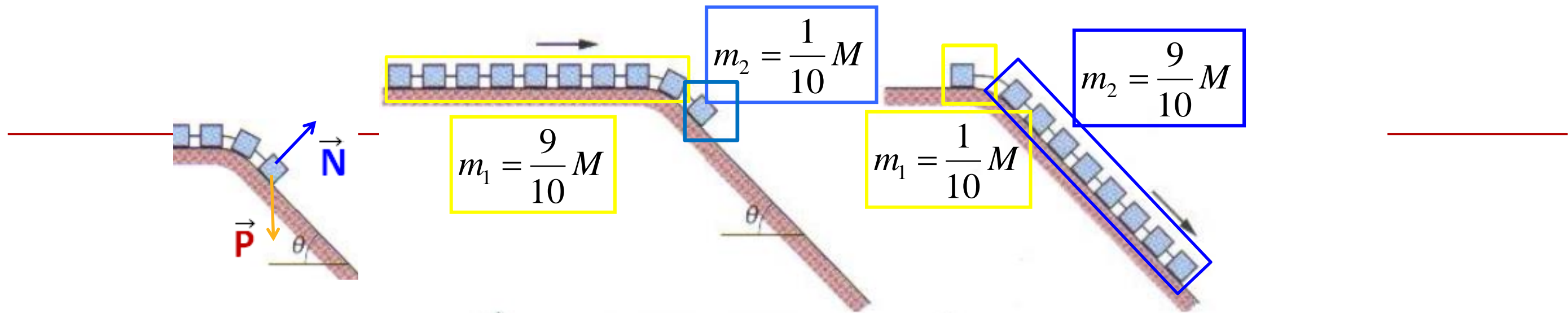
Exercício: Montanha Russa

Considere uma composição com 10 carros iguais, de massa total M , e despreze a massa dos engates. A figura abaixo (a) mostra a composição logo depois que o primeiro carro começou a descer uma rampa de atrito desprezível e ângulo θ e (b) mostra a composição pouco antes de o último carro começar a descer.

Qual a aceleração da composição nas duas situações?



Qual é o fator responsável pela sensação de perigo para alguém que está no último carro de uma montanha-russa?



$$T = m_1 a_x = \frac{9}{10} Ma$$

$$-T + \frac{1}{10} Mg \sin \theta = m_2 a$$

$$-\frac{9}{10} Ma + \frac{1}{10} Mg \sin \theta = \frac{1}{10} Ma$$

$$a = \frac{1}{10} g \sin \theta$$

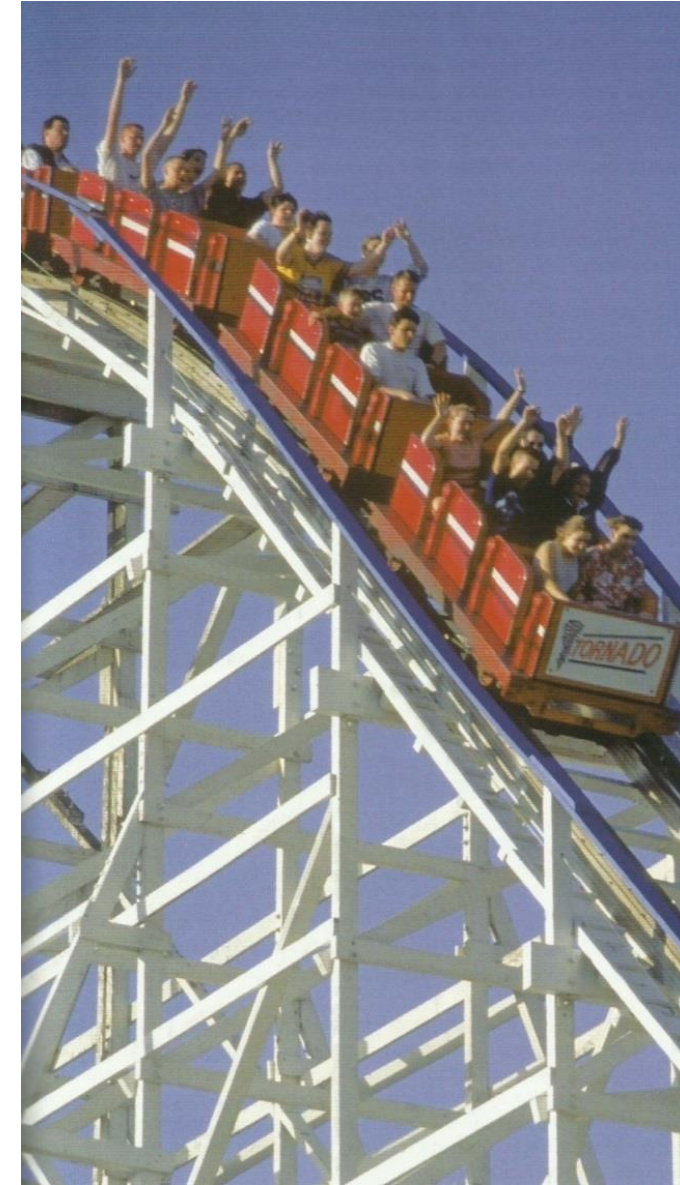
$$T = m_1 a_x = \frac{1}{10} Ma$$

$$-T + \frac{9}{10} Mg \sin \theta = m_2 a$$

$$-\frac{1}{10} Ma + \frac{9}{10} Mg \sin \theta = \frac{9}{10} Ma$$

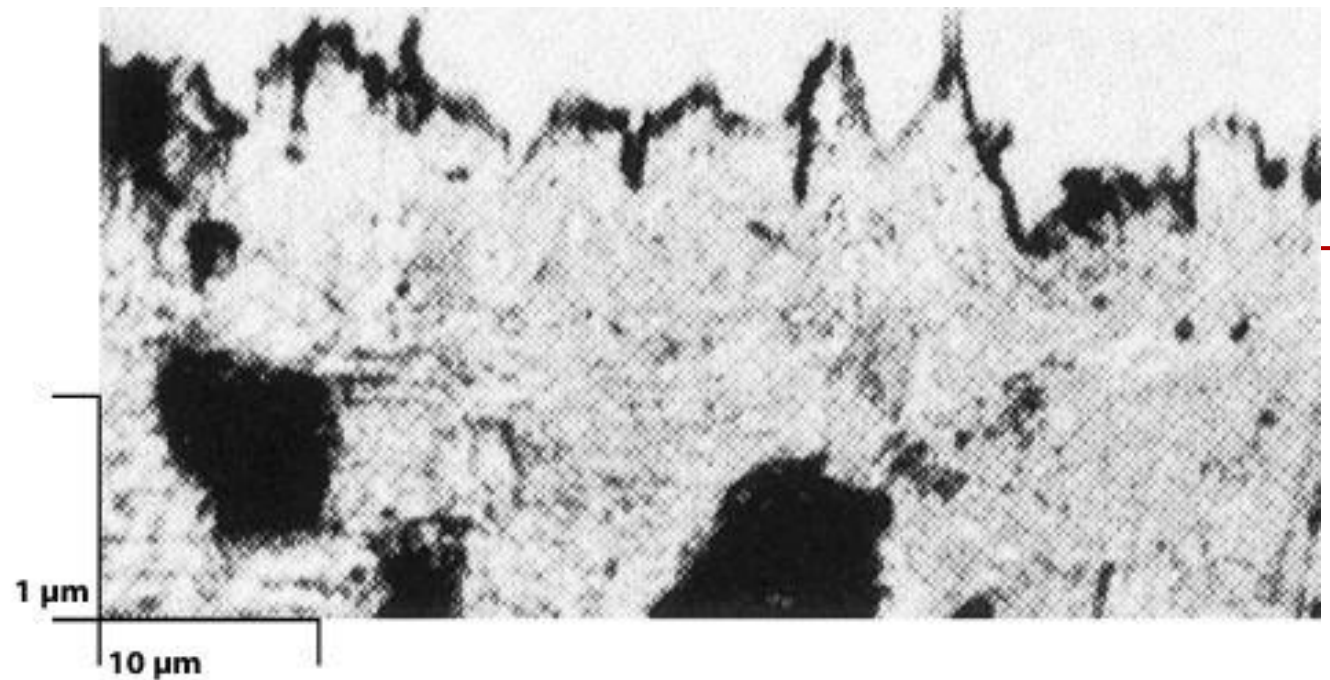
$$a = \frac{9}{10} g \sin \theta$$

Fator responsável pela sensação de perigo: A segunda resposta é 9 vezes maior que a primeira. Isso significa que a aceleração dos carros aumenta consideravelmente quando a maioria dos carros atinge a rampa. Este aumento da aceleração acontece para todos os carros, mas a interpretação dessa aceleração por parte dos passageiros depende do carro em que estão. No primeiro carro a aceleração sentida pelos passageiros ocorre quando o carro já está na rampa e se deve à componente da força gravitacional ao longo da rampa, o que é esperado. No último carro, por outro lado, a aceleração começa a acontecer quando o carro ainda está na horizontal e se deve à força exercida sobre os passageiros pelo encosto dos assentos. Essa força aumenta rapidamente quando o carro se aproxima da rampa, dando aos passageiros a impressão aterrorizante de que estão prestes a ser arremessados no espaço.

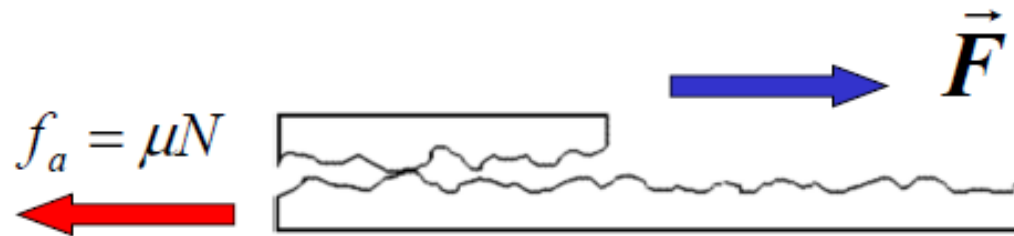


Atrito

- Objetos comuns que parecem lisos, são ásperos e enrugados em escala atômica.



- Superfícies em contato: se tocam apenas nas saliências (asperezas).

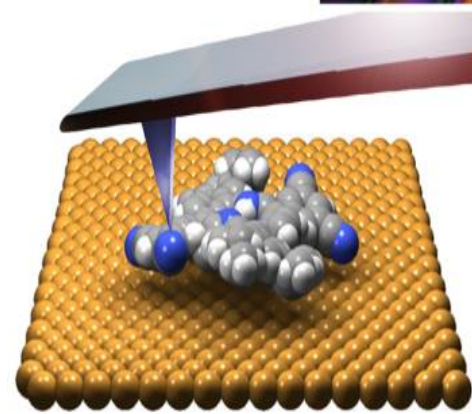
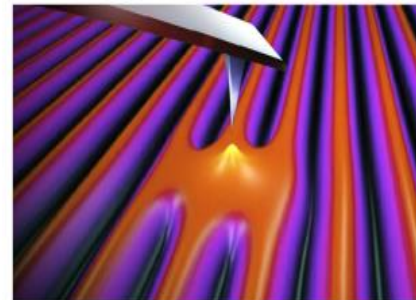


- Apenas algumas moléculas da superfície interagem quimicamente (atração eletromagnética) com as moléculas do corpo vizinho.
 - Essas interações são responsáveis pelas **forças de atrito**.
-

Força de atrito – escalas

Single-asperity atomic friction

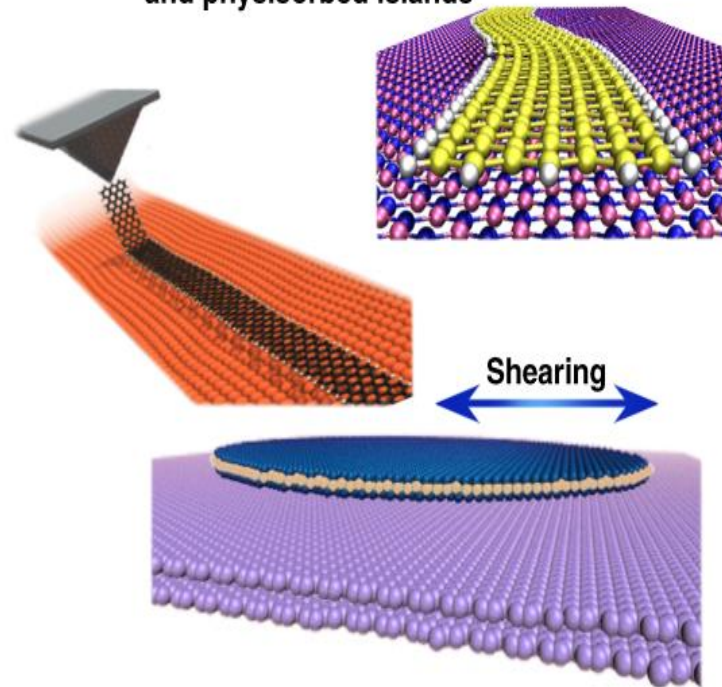
e.g., AFM probing and manipulation



~nm

Nano-scale friction

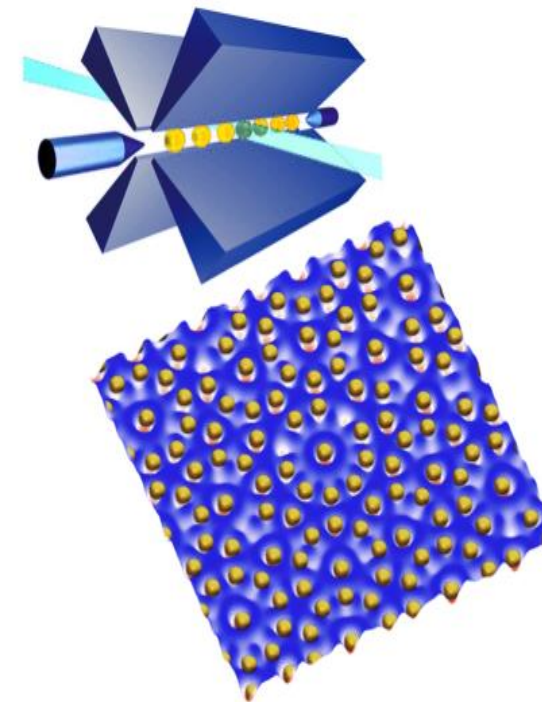
e.g., physisorbed graphitic-like nano-objects and physisorbed islands



10 – 100 nm

Meso-scale friction

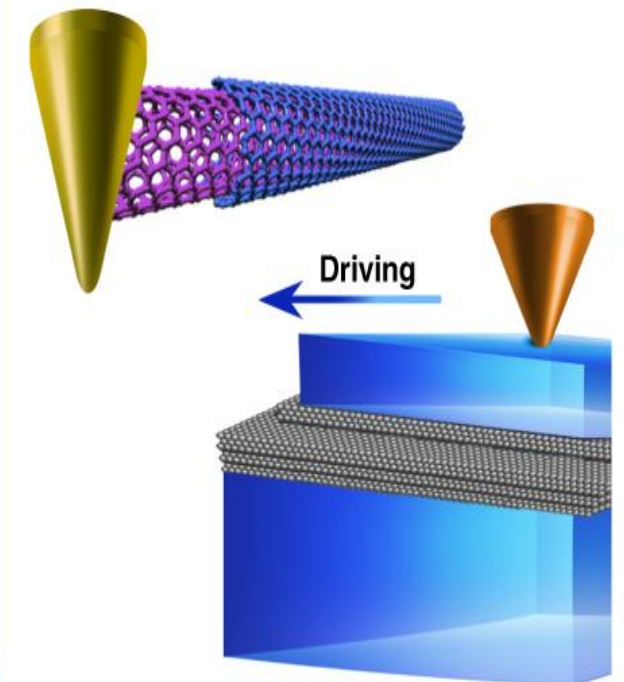
e.g., ion traps and colloidal suspensions



10 – 100 μm

Microscopic friction

e.g., long carbon nanotubes and 2D layered extended mesas

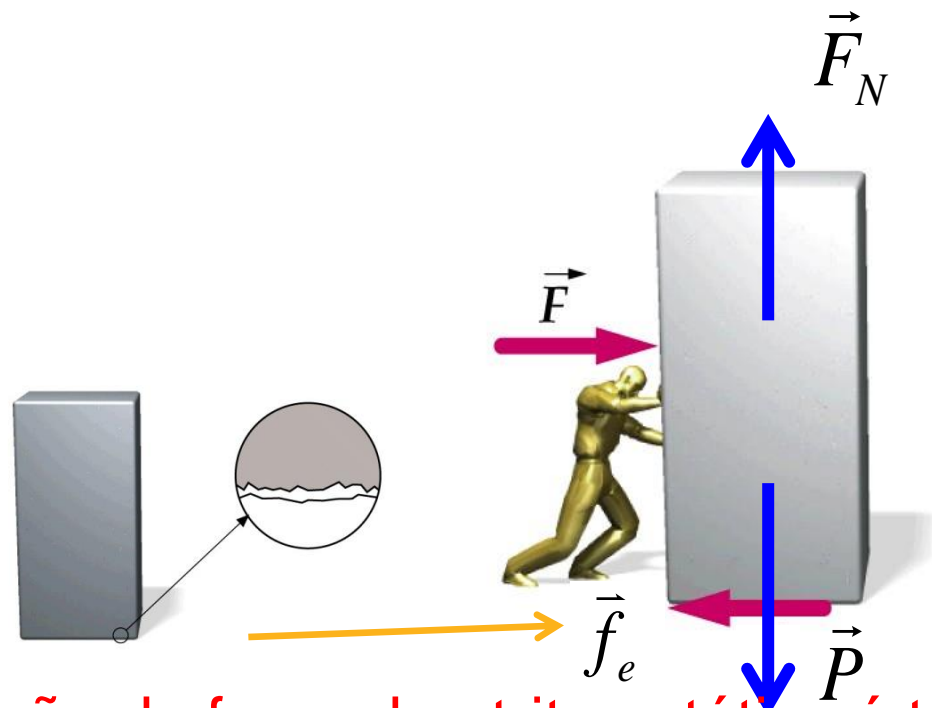


~mm

System characteristic length scales in nano/microtribology

Atrito Estático

- Força de atrito que atua quando não existe deslizamento entre duas superfícies em contato.
- Se opõe ao movimento relativo entre as superfícies.
- É proporcional às forças que pressionam as duas superfícies entre si.



$$f_{e_{\max}} = \mu_e F_n$$

μ_e é o coeficiente de atrito estático

limite superior para a força de atrito estático = além deste limite as interações químicas se rompem, permitindo o movimento relativo entre as superfícies!

A orientação da força de atrito estático é tal que se opõe à tendência dos deslizamentos.

Força: independente da área de contato!

Atrito Cinético

Se o esforço entre as superfícies for alto, pode haver movimento relativo.

⇒ Haverá "atrito cinético" entre as superfícies (de deslizamento)

- se opõe ao movimento.

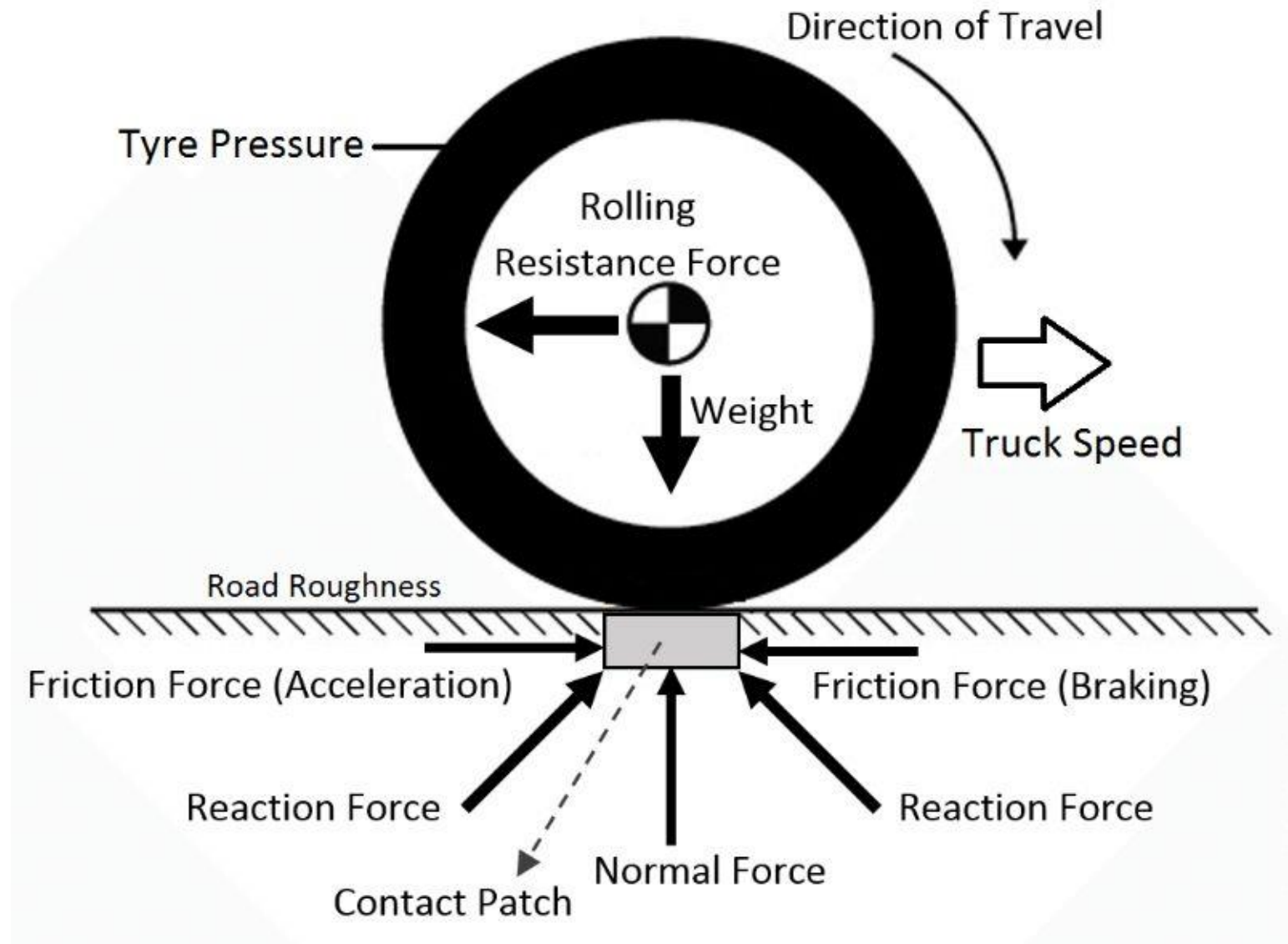
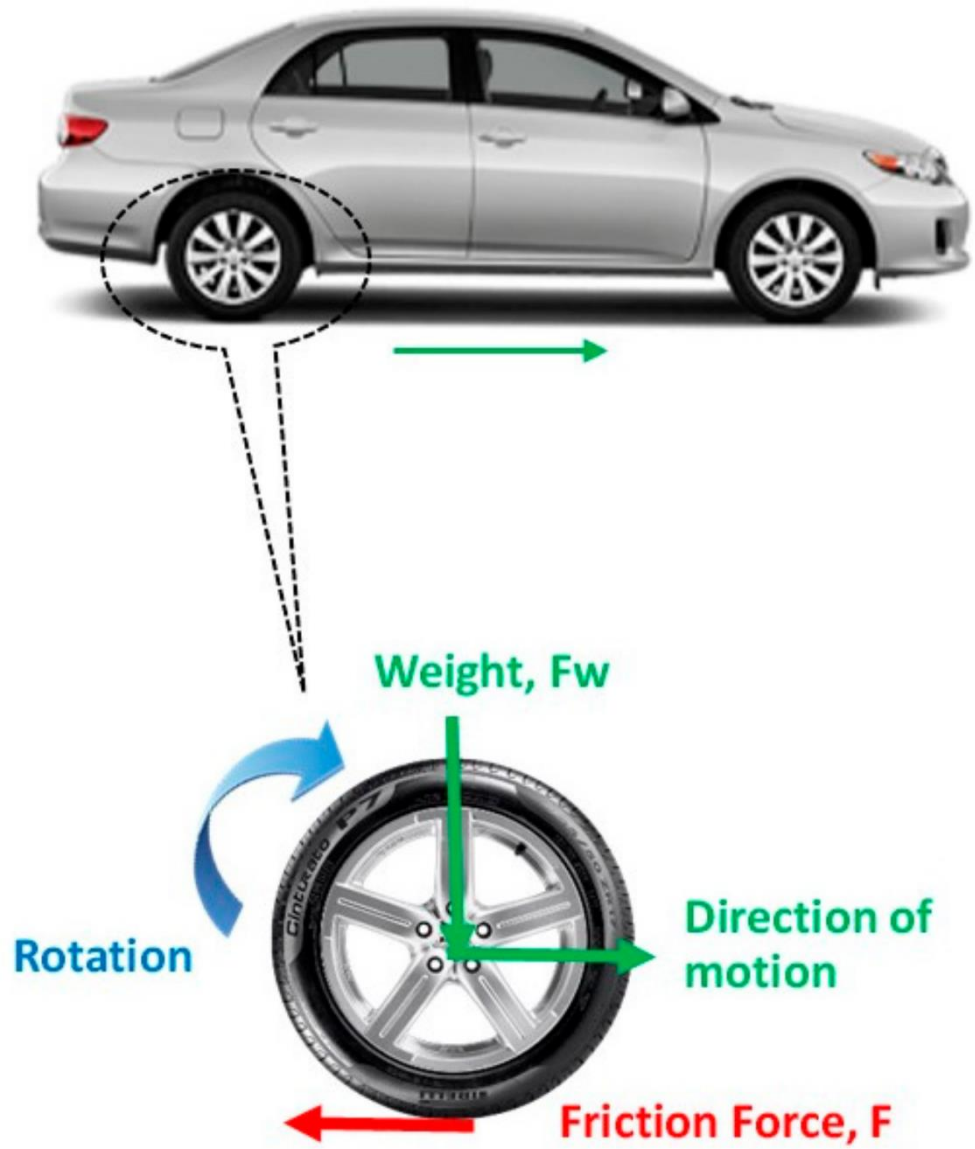
Proporcional às forças de interação entre as superfícies.

$$f_c = \mu_c F_n \quad \mu_c \leq \mu_e$$

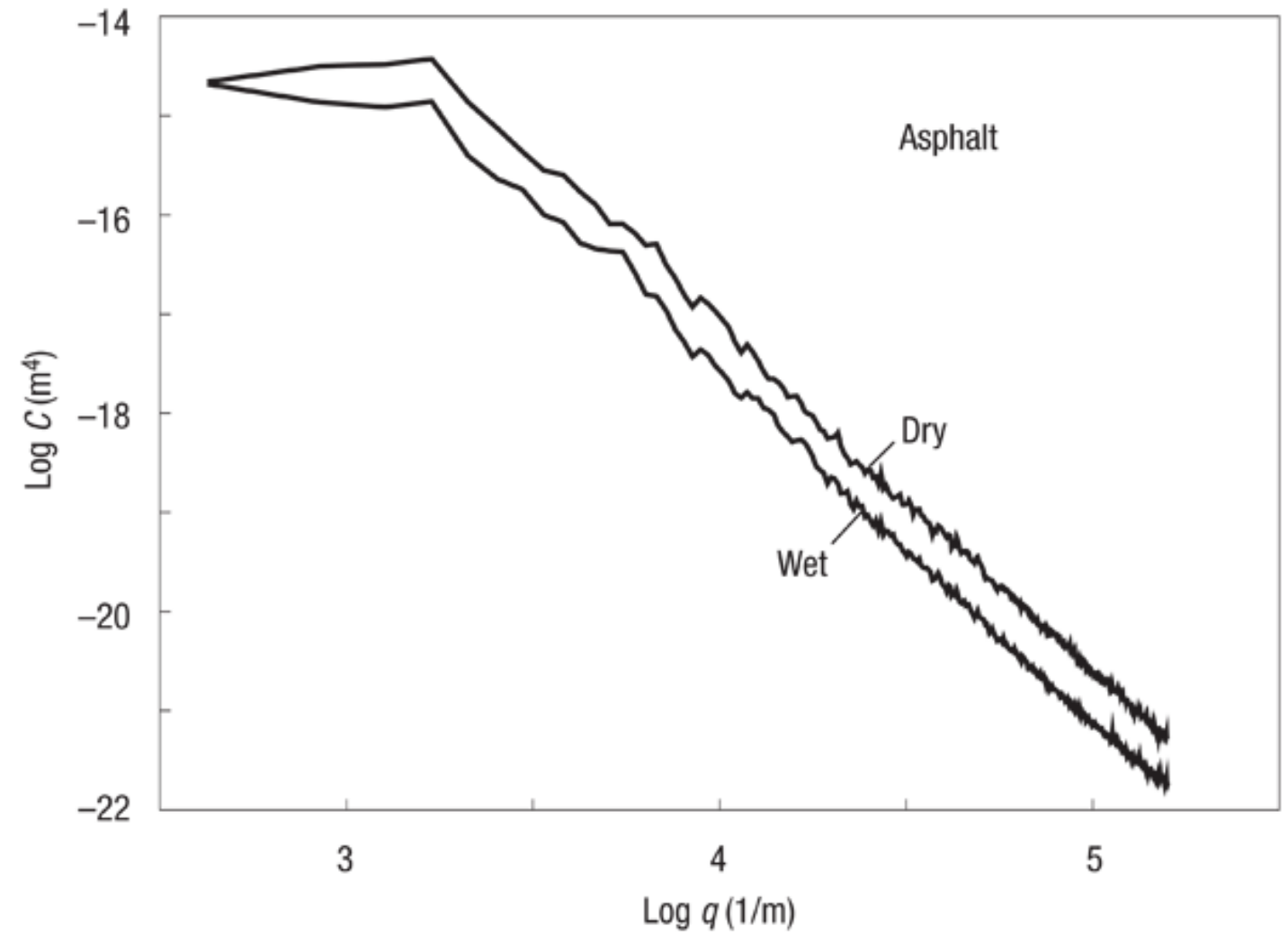
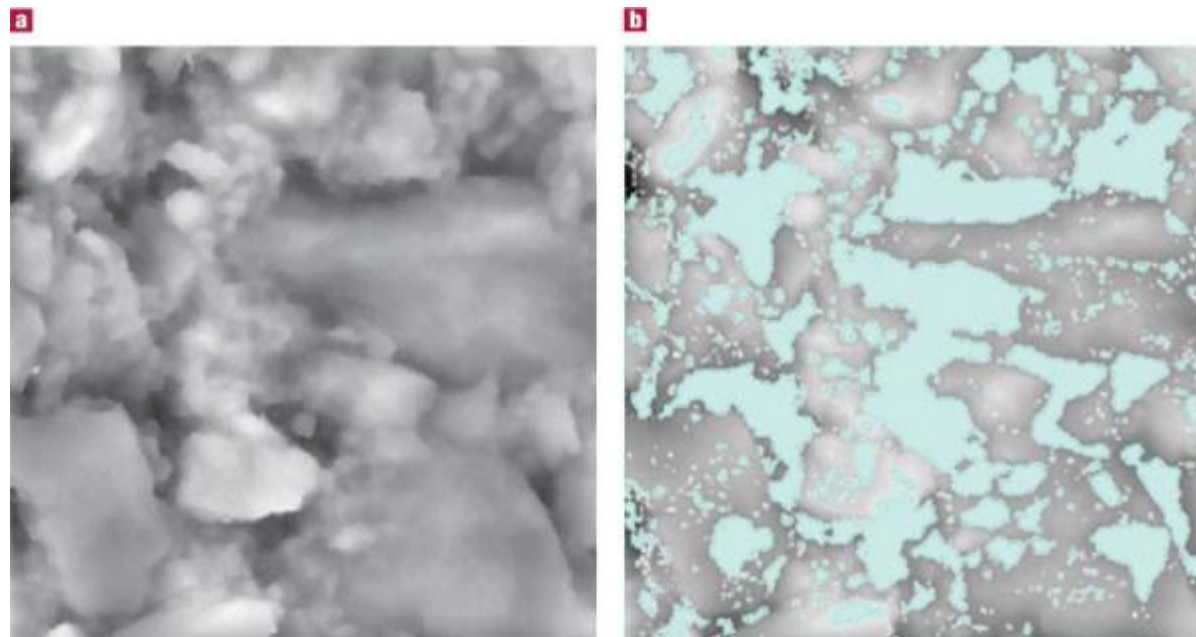
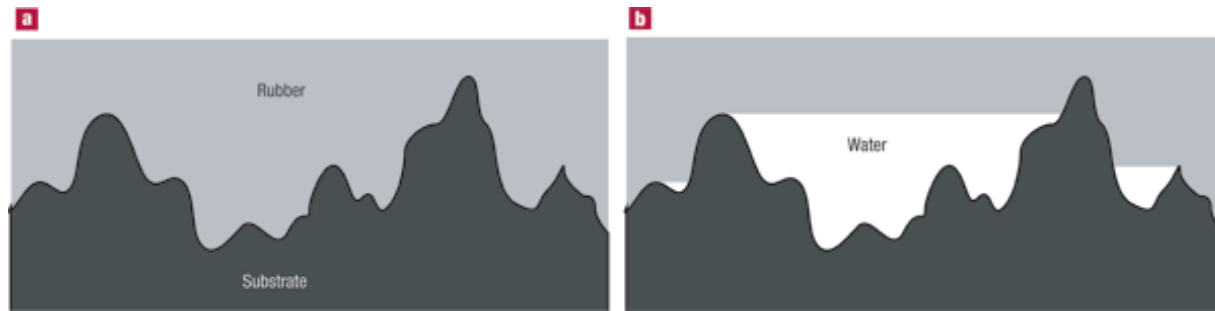
μ_c é o coeficiente de atrito cinético



A orientação da força de atrito é tal que se opõe à tendência dos deslizamentos.

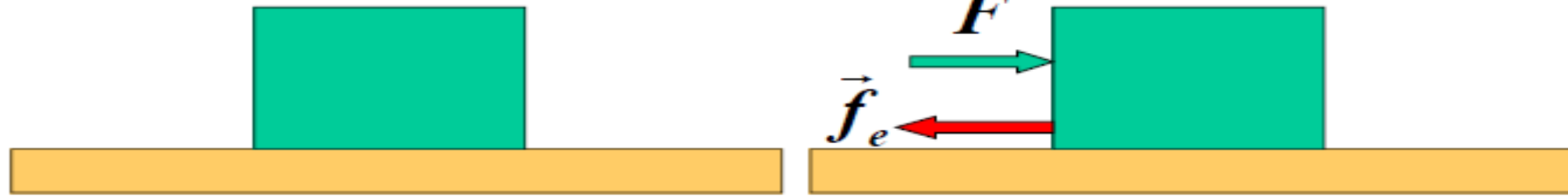


Por que derrapamos em uma estrada molhada ?

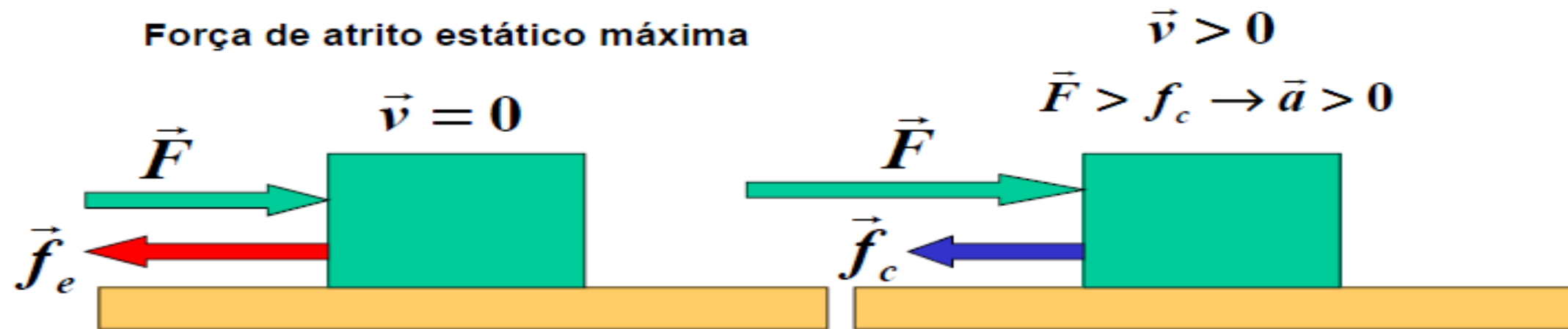


Atritos estático e cinético

Ausência de forças horizontais: repouso



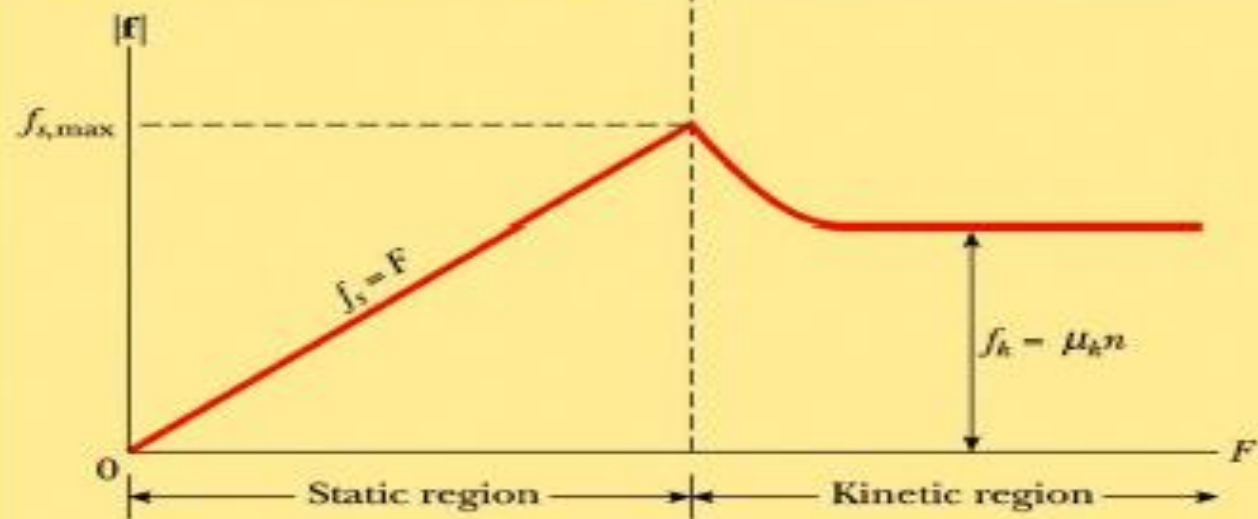
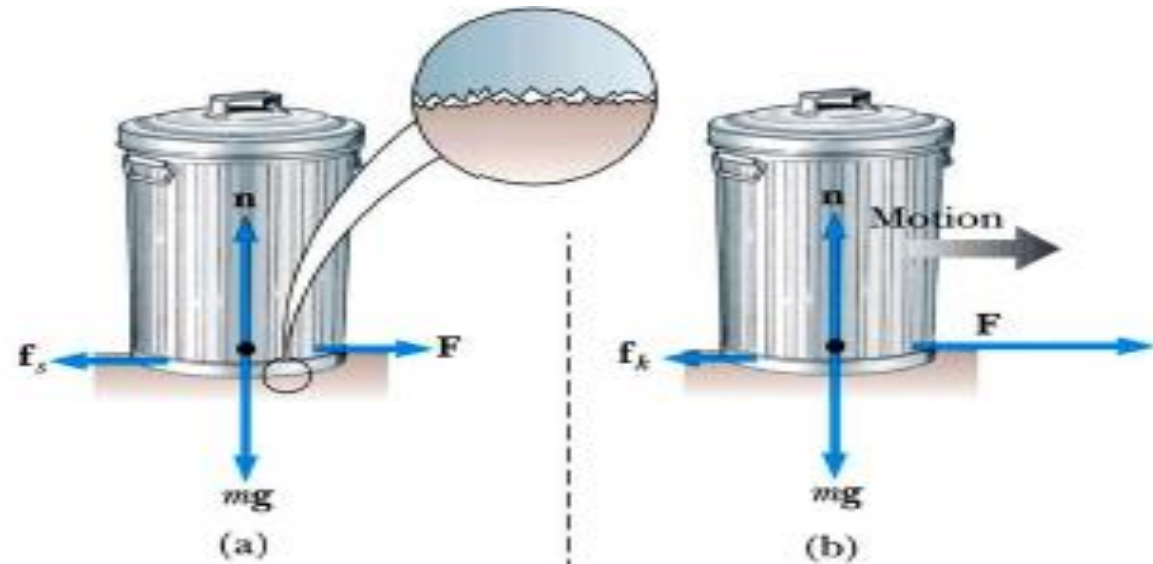
Força de atrito estático máxima



$$0 \leq f_e \leq \mu_e N$$

$$f_c = \mu_c N$$

Atrito Estático e Cinético



(c)

Materiais	μ_e	μ_c
Aço/aço	0.74	0.57
Alumínio/aço	0.61	0.47
Cobre/aço	0.53	0.36
Madeira/madeira	0.25-0.50	0.20
Vidro/vidro	0.94	0.40
Metal/metal(lubrificado)	0.15	0.06
Gelo/gelo	0.10	0.03

Discussão – Vídeos – Entrega 12/11/2023
