

# Laboratorio 1

2do Cuatrimestre 2021

**FUERZA DE ROZAMIENTO**  
**COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ESTÁTICO**

**Lucía Famá, Mauro Silberberg**  
**Sofía Angriman**

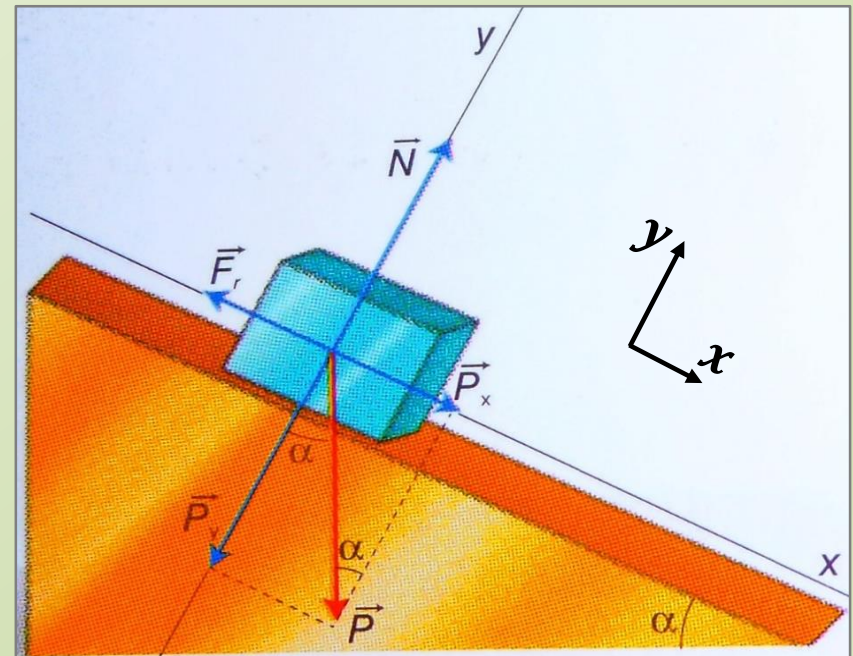


Universidad de Buenos Aires - Exactas  
**departamento de física**

# Objetivo de la clase de hoy

Determinar el coeficiente de rozamiento estático entre diferentes superficies en un plano inclinado, a partir de la 2<sup>da</sup> Ley de Newton

Familiarizarse con un nuevo sistema de adquisición de datos (Phyphox)



# Fuerza de rozamiento

**Guillaume Amontons (1663-1705)**

**Charles Agustín de Coulomb (1736-1806)**

En el siglo XVII Guillaume Amontons:



*La fuerza de rozamiento entre cuerpos rígidos es independiente del área de las superficies en contacto y su valor es proporcional a la fuerza normal entre las superficies.*

**Históricamente ....**

**Leonardo da Vinci (1452-1519).**

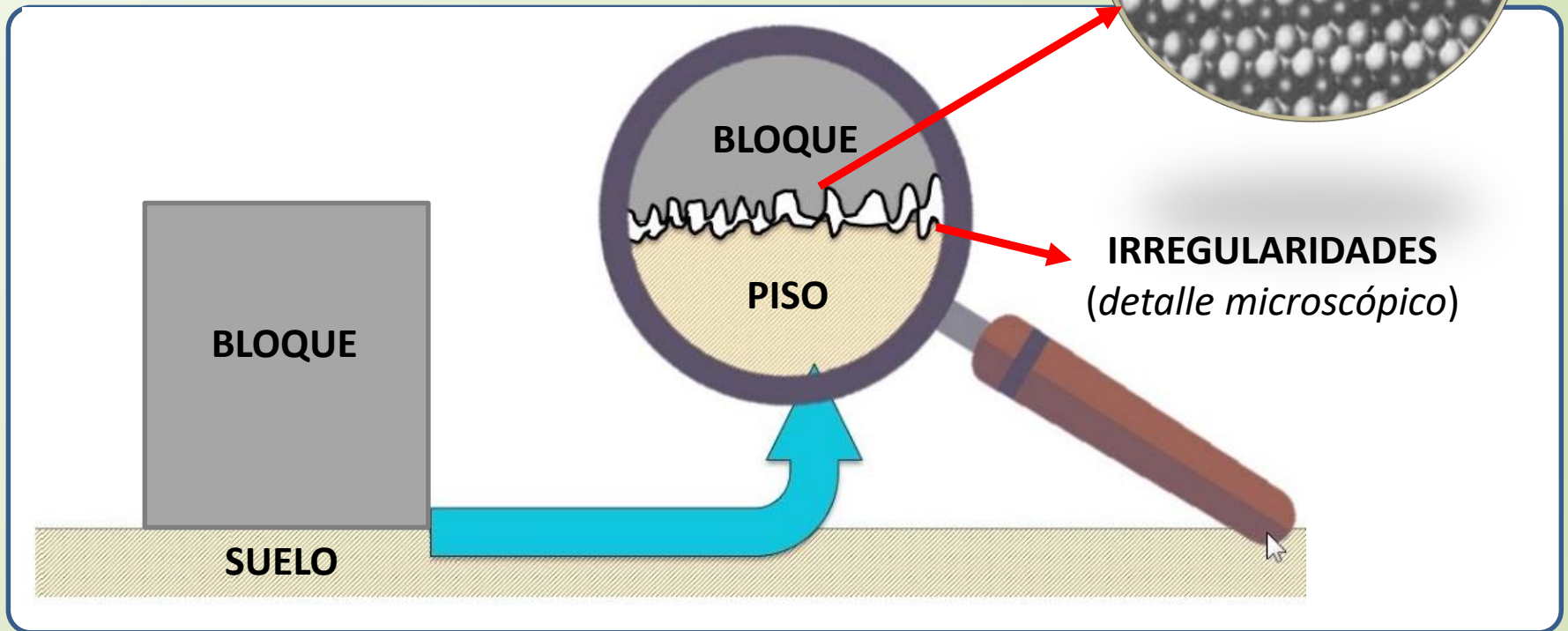
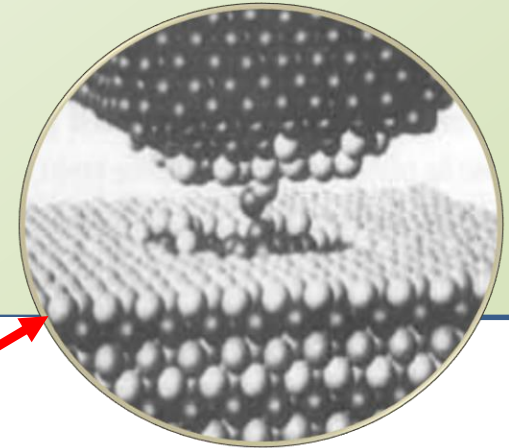
Principios de la fricción o rozamiento, a partir de una fuerza asociada a la resistencia de dos superficies en contacto.



Bosquejo (1493). *Biblioteca Nacional de Madrid*

# Fuerza de rozamiento

El rozamiento aparece debido a la formación de enlaces moleculares entre dos superficies que se ponen en contacto



*M. Alonso y E. Finn. Física Vol. 1 Mecánica.*

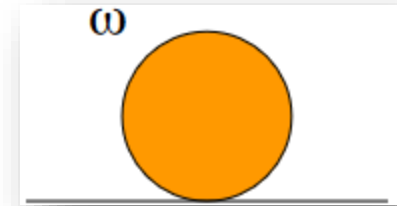
*R. Feynman. Física Vol. 1 Mecánica, radiación y calor.*

# Clases de Fuerza de rozamiento

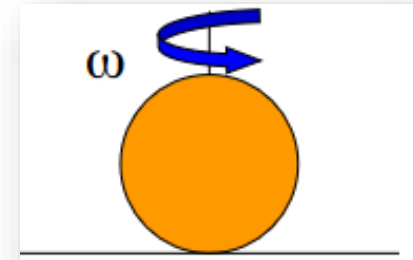
**Deslizamiento.** Cuando en los puntos de contacto existe una velocidad tangencial respecto al otro cuerpo



**Rodadura.** Cuando el eje de rotación es una recta tangente a la superficie de contacto.



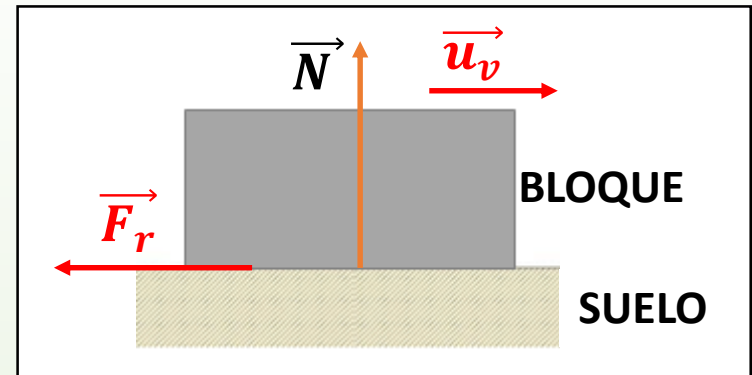
**Pivotamiento.** Cuando el eje de rotación es normal a la superficie en el punto de contacto.



# Fuerza de rozamiento

## Propiedades de $F_r$ :

- ❖ Es proporcional a la fuerza normal ( $\vec{N}$ ) que ejerce un objeto sobre el otro.
- ❖ No depende del área de contacto, sino de la naturaleza de sus materiales.
- ❖ No depende de la velocidad relativa entre los objetos.
- ❖ Tiene sentido opuesto al movimiento.



$$\vec{F}_r = -\mu \vec{u}_v N$$

$\mu$  → Coeficiente de rozamiento

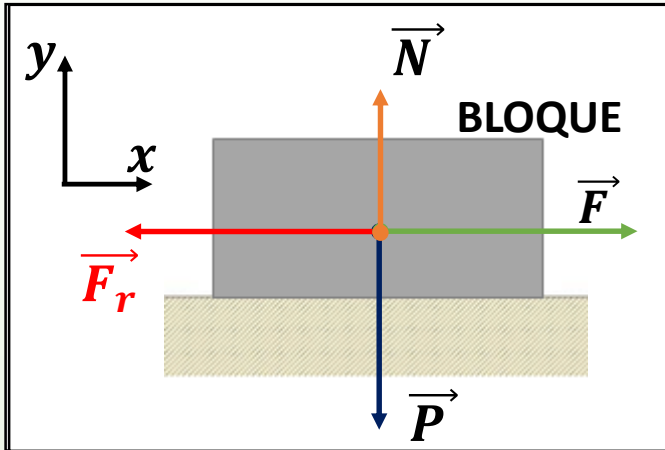
$\vec{u}_v$  → Vector unitario en la dirección y sentido del vector velocidad

$N$  → Módulo de la fuerza normal

$$F_r = \mu N$$

**Módulo de la Fuerza de rozamiento**

# Fuerza de rozamiento - Coeficiente de rozamiento



2<sup>da</sup> Ley de Newton:  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$$\begin{cases} \hat{y}: N - P = ma_y \rightarrow a_y = 0 \rightarrow N = P \\ \hat{x}: F - F_r = ma_x \rightarrow F_r = F - ma_x \end{cases}$$

ESTÁTICO

$$a_x = 0$$

Fuerza para comenzar el movimiento ( $F_{re(Máx)}$ )

$$F_r = F$$

$$F_{re(Máx)} = \mu_e N$$

Coeficiente de rozamiento ESTÁTICO

$$a_x \neq 0$$

DINÁMICO

Fuerza para mantener el movimiento ( $F_{rd}$ )

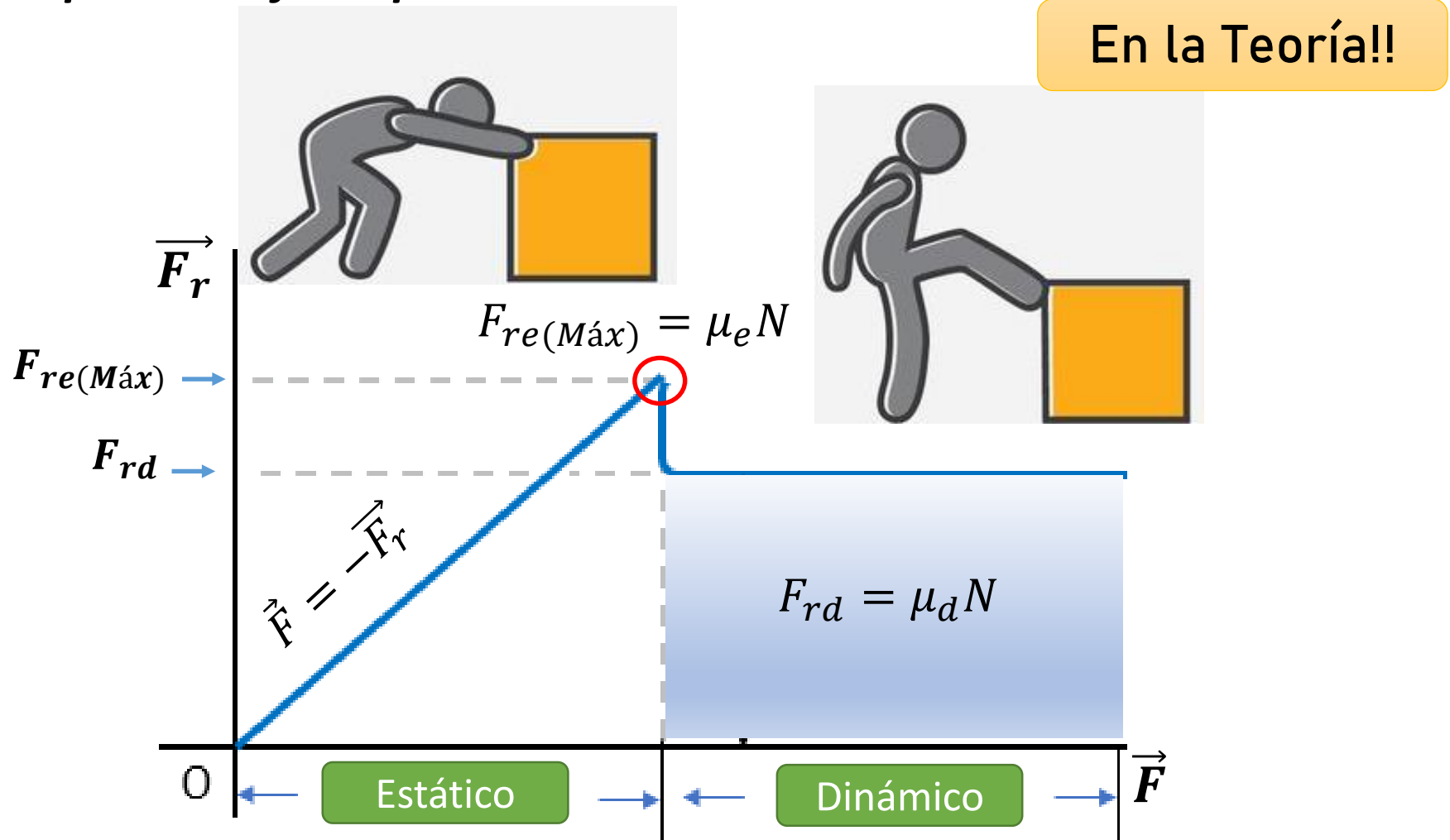
$$F_r = F - ma_x$$

$$F_{rd} = \mu_d N$$

Coeficiente de rozamiento DINÁMICO

# Fuerza de rozamiento Estática vs Dinámica

*A partir de las características de  $F_r$  en el caso estático y dinámico, es posible inferir que:*





# Caso: Plano Inclinado

2<sup>da</sup> Ley de Newton:  $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

$$F_r = \mu N \quad (1)$$

$$\begin{cases} \hat{y}: N - P_y = ma_y \\ \hat{x}: P_x - F_r = ma_x \end{cases}$$

$$\hat{y}: a_y = 0 \rightarrow N = P_y$$

$$N = mg \cos \alpha \quad (2)$$

$$P_y = mg \cos \alpha, \quad P_x = mg \sin \alpha$$

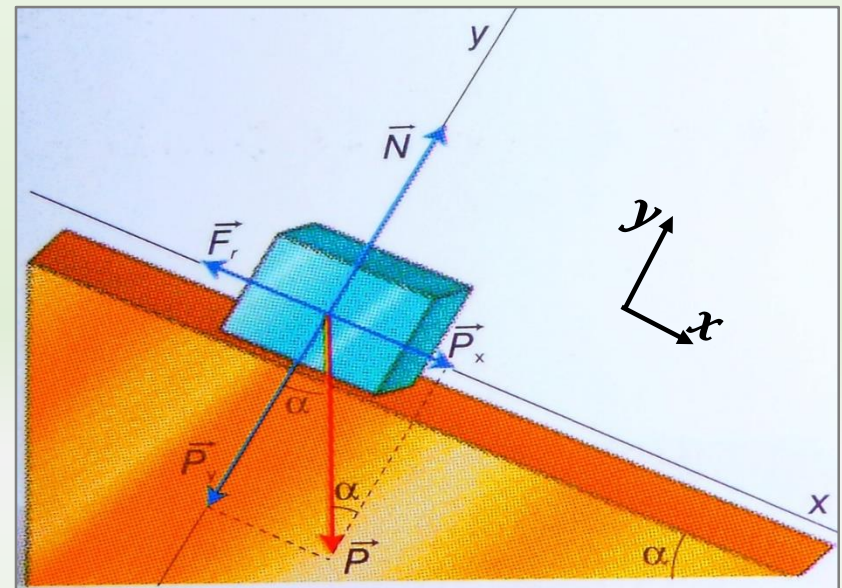
$$\hat{x}: F_r = mg \sin \alpha - ma_x$$

$$a_x = 0$$

$$a_x \neq 0$$

**ESTÁTICO**

**DINÁMICO**



# Caso: Plano Inclinado

$$F_r = \mu N \quad (1)$$

$$N = mg \cos\alpha \quad (2)$$

$$F_r = mg \sin\alpha - ma_x \quad (3)$$

$$a_x = 0$$

$$a_x \neq 0$$

**ESTÁTICO**

**DINÁMICO**

$$F_r = mg \sin\alpha$$

$$F_r = mg \sin\alpha - ma_x$$

$$\cancel{\mu} \cancel{mg} \cos\alpha = \cancel{mg} \sin\alpha$$

Usando Eq. (1) y Eq. (2)

$$\cancel{\mu} \cancel{mg} \cos\alpha = \cancel{mg} \sin\alpha - \cancel{ma}_x$$

$$\mu_e = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$$

$$\mu_d = \frac{g \sin\alpha - a_x}{g \cos\alpha}$$

$$\mu_e = \tan\alpha$$

$$\mu_d = \tan\alpha - \frac{a_x}{g \cos\alpha}$$

# Caso: Plano Inclinado

$$F_r = \mu N \quad (1)$$

$$N = mg \cos\alpha \quad (2)$$

$$F_r = mg \operatorname{sen}\alpha - ma_x \quad (3)$$

$$a_x = 0$$

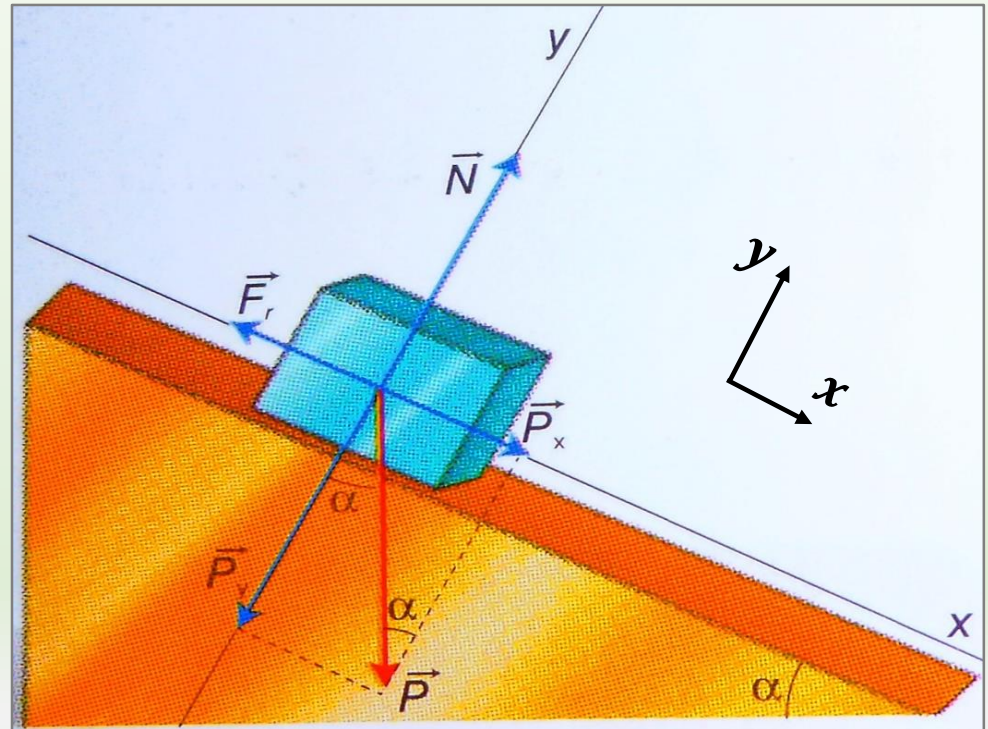
**ESTÁTICO**

$$F_r = mg \operatorname{sen}\alpha$$

$$\cancel{\mu} \cancel{mg} \cos\alpha = \cancel{mg} \operatorname{sen}\alpha$$

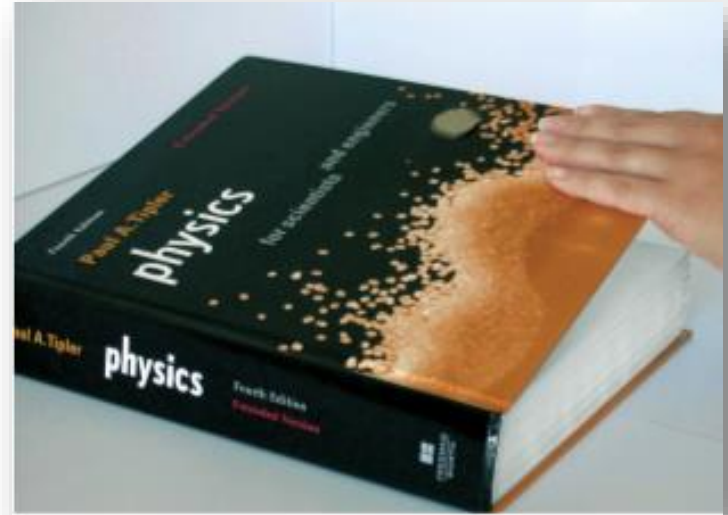
$$\mu_e = \frac{\operatorname{sen}\alpha}{\cos\alpha}$$

$$\mu_e = \operatorname{tan}\alpha$$



## Obtención del coeficiente de rozamiento estático

### Desplazamiento en un plano inclinado



- Sistema 1: Hoja A4-Plano inclinado
  - Sistema 2: Hoja A4-Hoja A4
- Sistema 3 (Opcional): Hoja A4-Opcional

## Obtención del coeficiente de rozamiento estático

$$\mu_e = \tan \alpha$$

$$\alpha = (\bar{\alpha} \pm \Delta\alpha) \text{ Ud.}$$

Desplazamiento en un plano inclinado



## Obtención del coeficiente de rozamiento estático

$$\mu_e = \tan \alpha \quad \longrightarrow \quad \alpha = (\bar{\alpha} \pm \Delta\alpha) \text{ Ud.}$$

- Adhiera un trozo de hoja A4 a una moneda (la misma todos los integrantes del grupo) **Sistema 1**
- Adhiera un trozo de hoja A4 a una moneda y coloque una hoja A4 bien adherida al plano inclinado **Sistema 2**
- Coloque la moneda sobre el plano y empiece a inclinarlo hasta que la moneda empiece a moverse.
- Determine el ángulo justo en ese instante ( $\alpha$ ).
- Repita el experimento al menos **20 veces**.
- Calcular  $\mu_e$  a partir de  $\alpha$ .

## Coeficiente de rozamiento estático

$$\mu_e = \tan \alpha$$

$$\text{Remplazando } \alpha \rightarrow \alpha = \bar{\alpha} \pm \Delta\alpha$$

$$\mu_e = \bar{\mu}_e \pm \Delta\mu_e$$

$$\bar{\mu}_e = \tan \bar{\alpha}$$

$$\frac{\partial \tan \alpha}{\partial \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\Delta\mu_e = \sqrt{\left(\frac{\partial \mu_e}{\partial \alpha}\right)^2 \Delta\alpha^2}$$

**Usar RADIANES para el cálculo de  $\mu_e$  y  $\Delta\mu_e$  !!**