

Laboratorio 1

2do Cuatrimestre 2022

2° Ley de Newton Coeficientes de Rozamiento

Lucía Famá, Patricio Grinberg,
Marcos Wappner, Carolina Iacovone,
Justo González Litardo



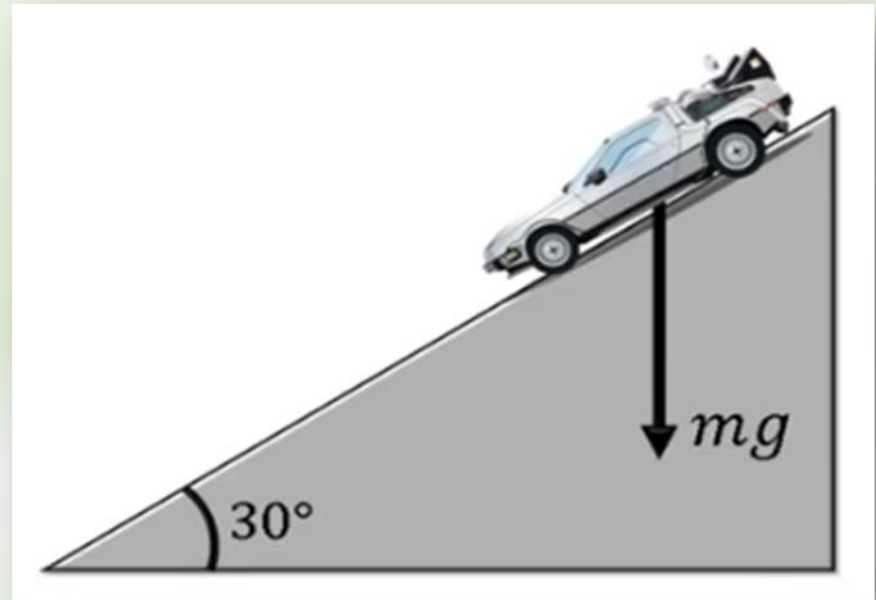
Universidad de Buenos Aires - Exactas
departamento de física

Objetivos de la clase de hoy

Determinar el **coeficiente de rozamiento** que existe **entre dos superficies** en un experimento de **un objeto deslizándose sobre un plano inclinado**

Observar las **fuentes de incerteza** según el caso de estudio

Seguir **PENSANDO** en forma experimental



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).

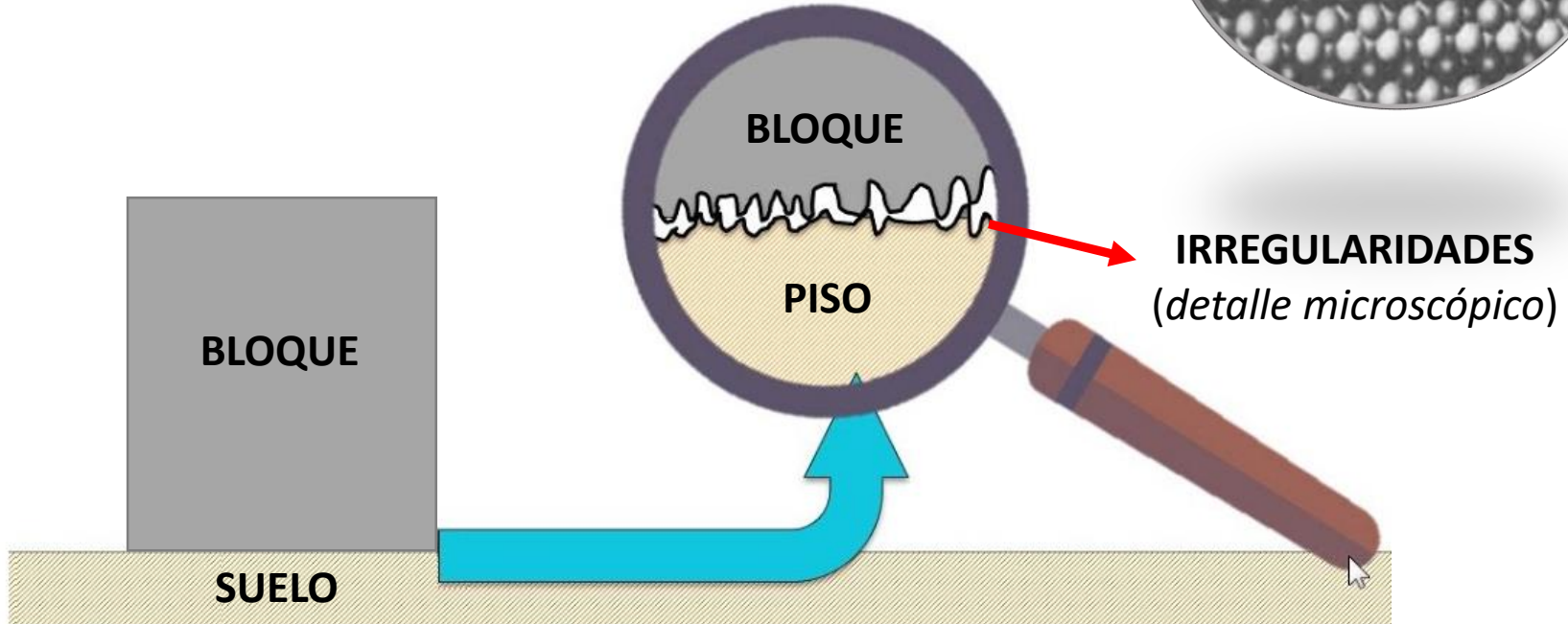
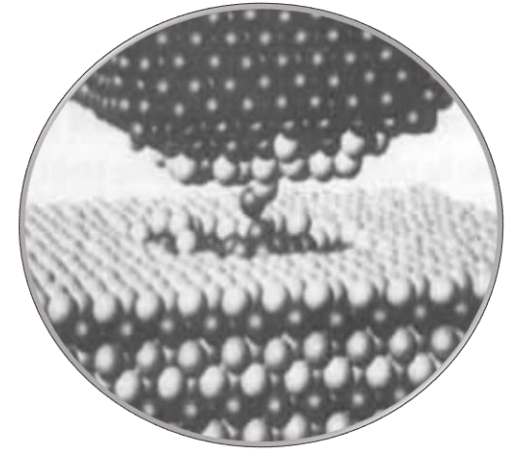
Principios de la fricción o rozamiento, a partir de una fuerza asociada a la resistencia de dos superficies en contacto.



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



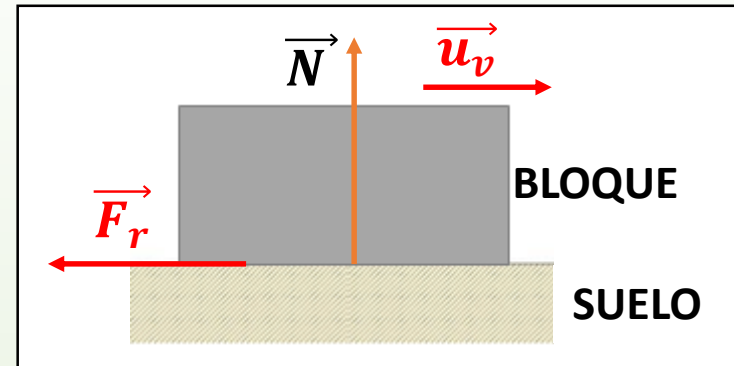
-M. Alonso y E. Finn (1971). *Física Vol. 1 Mecánica*.

-R. Feynman (1972). *Física Vol. 1 Mecánica, radiación y calor*.

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.



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

μ → Coeficiente de rozamiento

u_v → Vector unitario en la dirección y sentido del vector velocidad

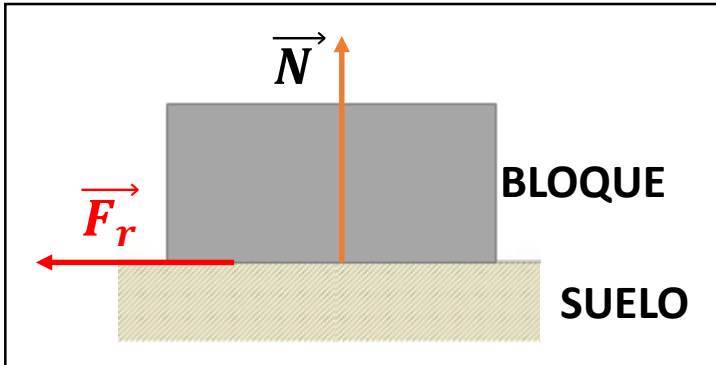
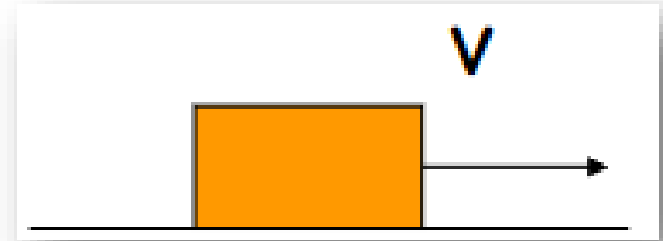
N → Módulo de la fuerza normal

**Módulo de la Fuerza
de rozamiento**

$$F_r = \mu N$$

Fuerza de rozamiento por deslizamiento

Cuando en los puntos de contacto existe una velocidad tangencial respecto del otro cuerpo



μ → Coeficiente de rozamiento
 N → Módulo de la fuerza normal

Módulo de la Fuerza de rozamiento

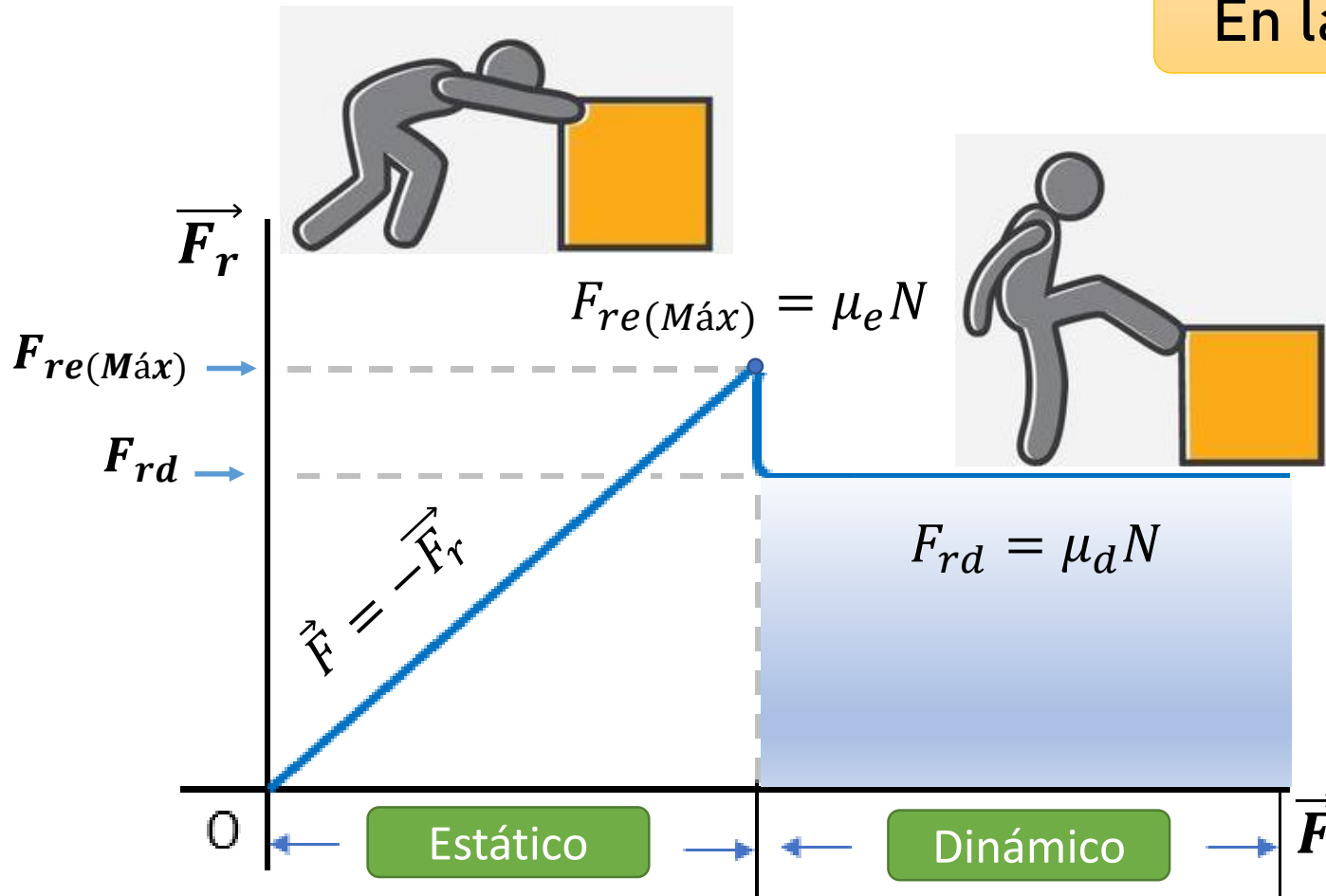
$$F_r = \mu N$$

¿Cómo es la expresión de μ ?

Fuerza de rozamiento

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

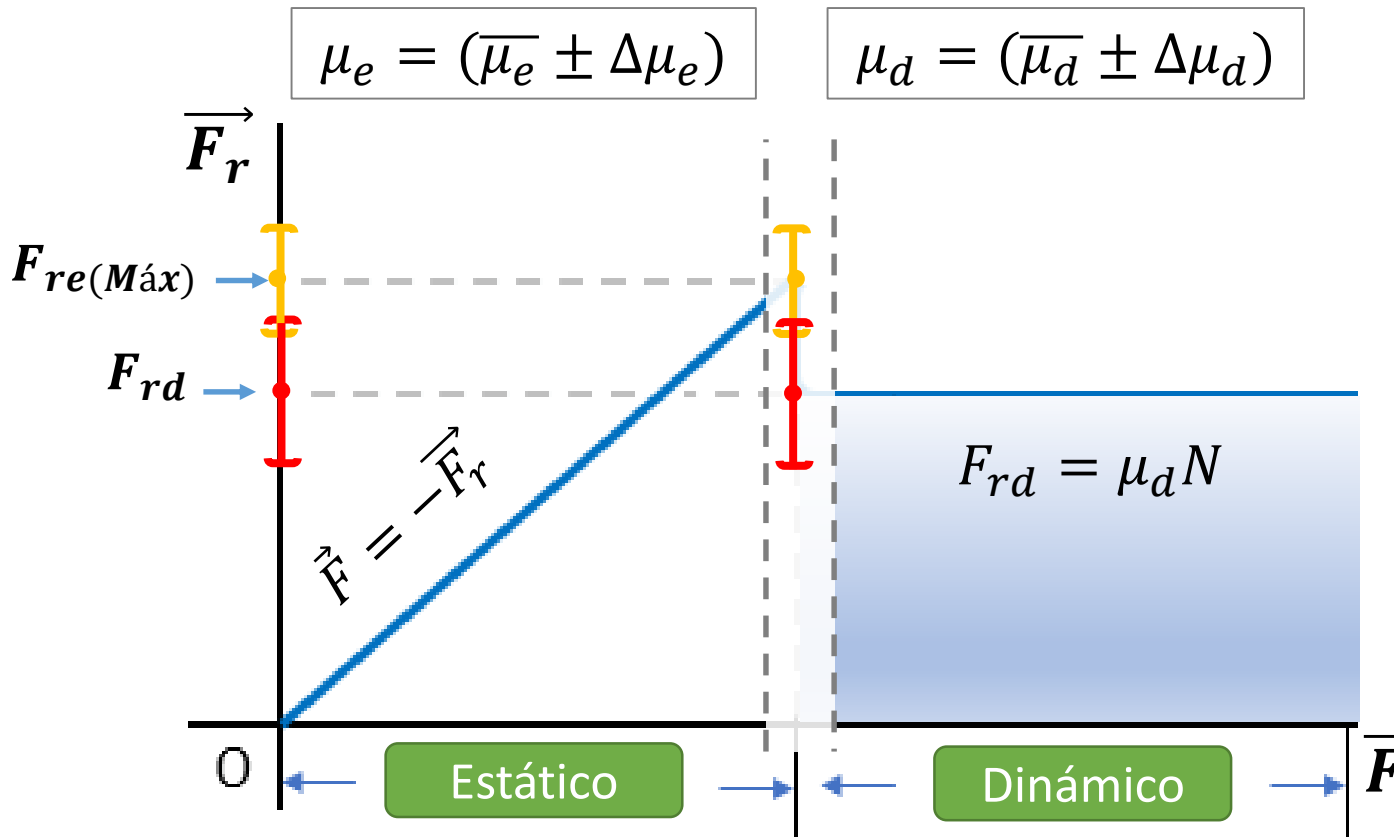
En la Teoría!!



Fuerza de rozamiento

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

En el Labo!!



EXPERIMENTO

DETERMINAR EL **COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ENTRE DOS SUPERFICIES** EN UN EXPERIMENTO DE UN OBJETO DESLAZÁNDOSE EN UN PLANO INCLINADO

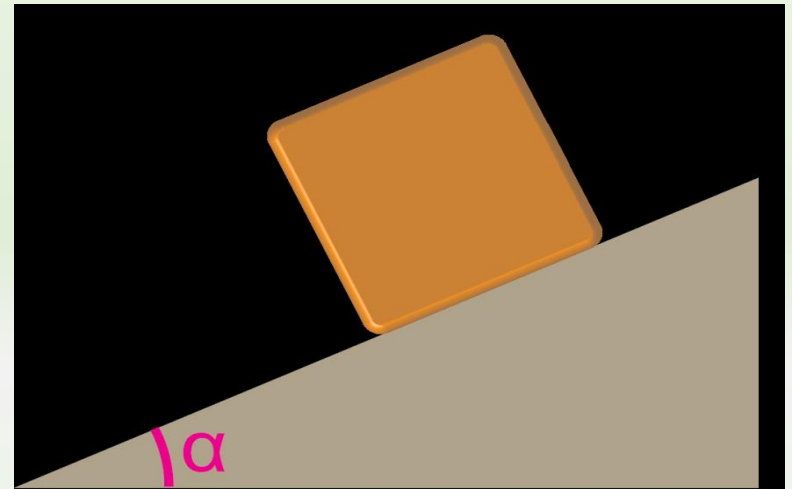
A) COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ESTÁTICO (μ_e)

B) COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DINÁMICO (μ_d)

Física Básica:

¿Dónde encuentro μ_e y μ_d ?

Repasemos la
2º Ley de Newton!!



Repasemos la 2º Ley de Newton!!

2^{da} Ley de Newton: $\sum \vec{F} = m\vec{a}$

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

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

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

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

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

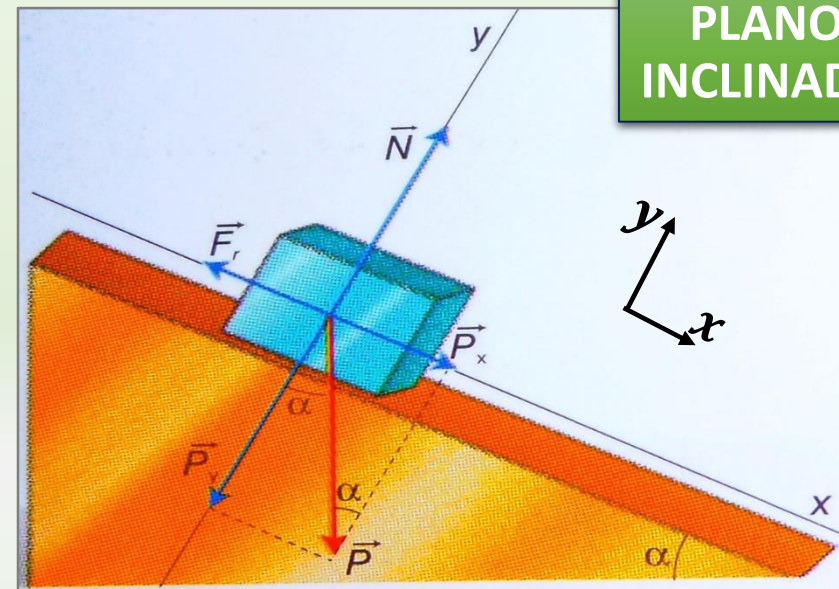
$$\hat{x}: F_r = mg \sin\alpha - ma_x$$

$$a_x = 0$$

$$a_x \neq 0$$

ESTÁTICO

DINÁMICO



1- Caso Estático

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

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

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

$$a_x = 0$$

ESTÁTICO



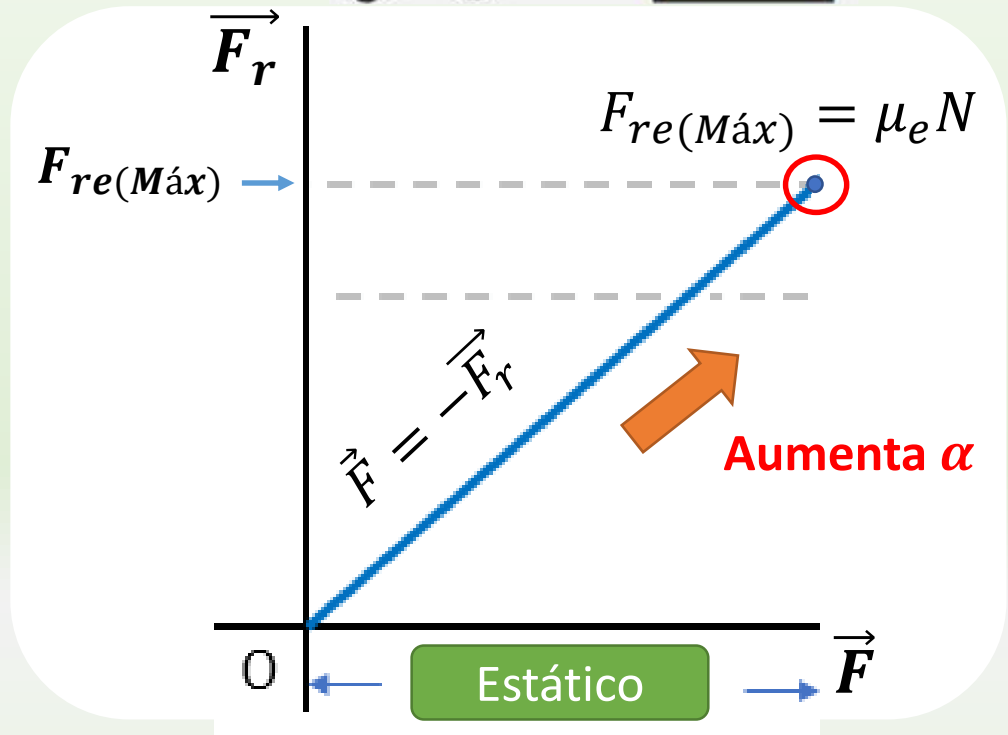
$$F_r = mg \operatorname{sen}\alpha$$

$$\mu N = mg \operatorname{sen}\alpha$$

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

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

$$\mu_e = \tan\alpha$$



2- Caso Dinámico

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

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

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

$$a_x \neq 0$$

DINÁMICO



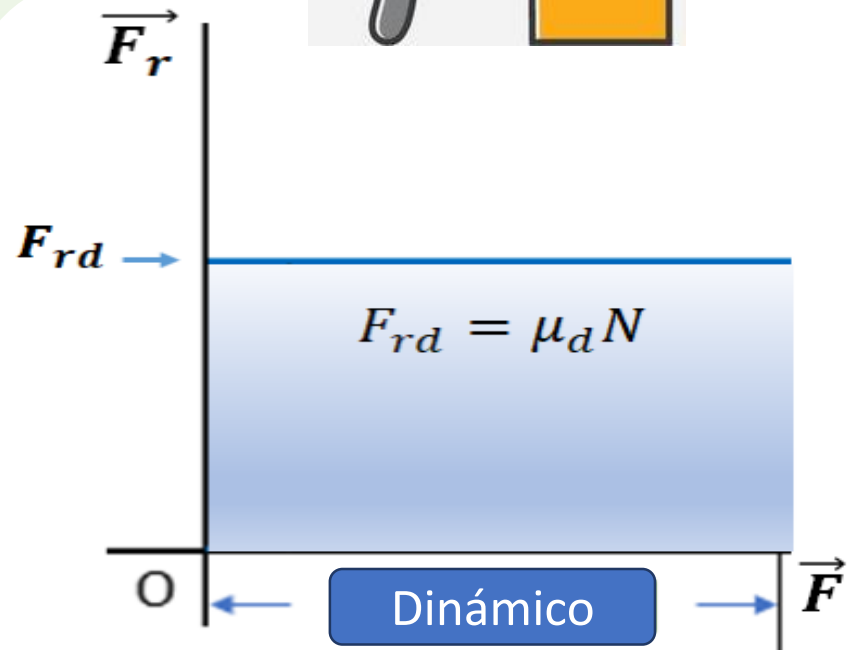
$$F_r = mg \operatorname{sen}\alpha - ma_x$$

$$\mu N = mg \operatorname{sen}\alpha - ma_x$$

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

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

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



EXPERIMENTO

DETERMINAR EL **COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ENTRE DOS SUPERFICIES** EN UN EXPERIMENTO DE UN OBJETO DESLAZÁNDOSE EN UN PLANO INCLINADO

A) COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ESTÁTICO (μ_e)

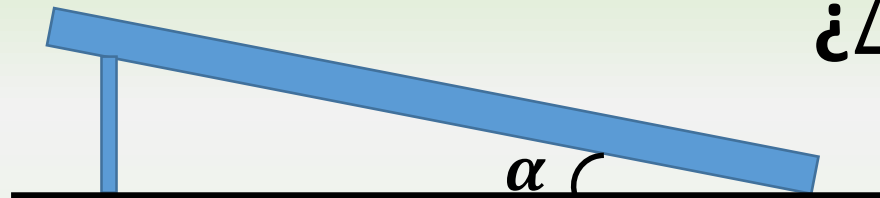
$$\mu_e = \tan \alpha_1 \rightarrow \alpha_1: \text{Ángulo máximo antes de deslizar}$$

¿Cómo determinaremos α ?

¿ $\Delta\alpha$?

¿ $\Delta\mu_e$?

α : Trigonometría



EXPERIMENTO

DETERMINAR EL **COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ENTRE DOS SUPERFICIES** EN UN EXPERIMENTO DE UN OBJETO DESLAZÁNDOSE EN UN PLANO INCLINADO

A) COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ESTÁTICO (μ_e)

$$\mu_e = \tan \alpha_1 \rightarrow \alpha_1: \text{Ángulo máximo antes de deslizar}$$

- Realice tres veces el experimento y compare los resultados de α_1
¿Presentan diferencias significativas? Repitiendo el experimento **20 veces** $\Delta\alpha_1$?
- Obtenga μ_e utilizando el valor de α_1
 $\Delta\mu_e$?

Usar **RADIANES** para $\bar{\alpha}$ y $\Delta\alpha$ en el cálculo de μ_e y $\Delta\mu_e$!!

EXPERIMENTO

DETERMINAR EL **COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ENTRE DOS SUPERFICIES** EN UN EXPERIMENTO DE UN OBJETO DESLAZÁNDOSE EN UN PLANO INCLINADO

B) COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DINÁMICO (μ_d)

$$\mu_d = \tan\alpha_2 - \frac{a_x}{g \cos\alpha_2}$$

a_x : Aceleración del objeto
 α_2 : Ángulo donde desliza
 g tabulado

¿Cómo determinaremos a_x ?

a : Sensor de movimiento

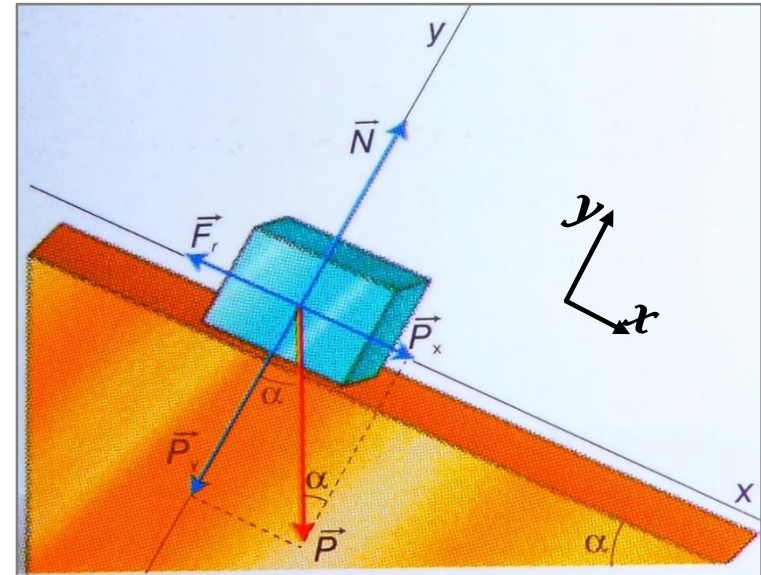
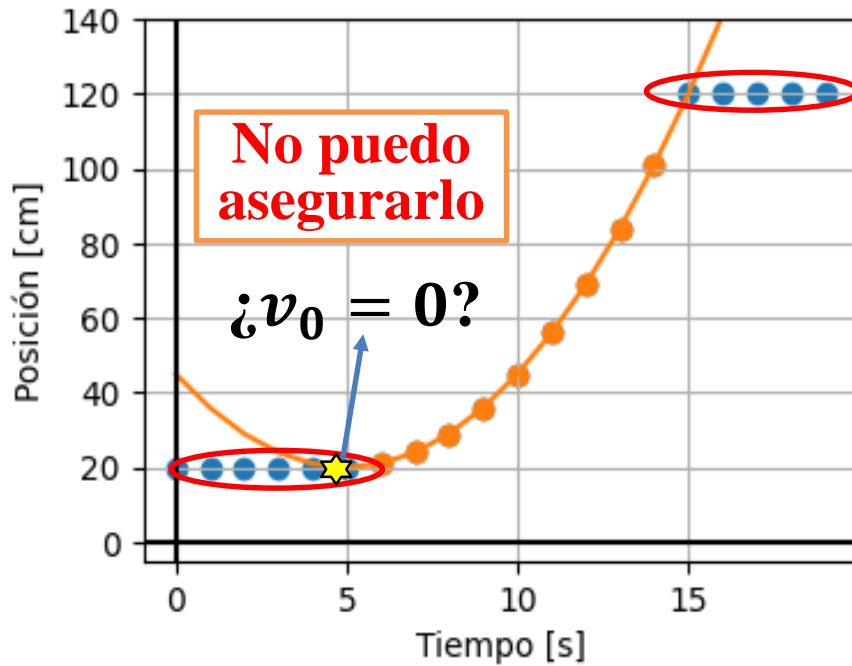


a : Sensor de movimiento



¿Qué movimiento realiza el objeto?

↳ $x(t)$ $x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2} a_x(t - t_0)^2$



AJUSTE NO LINEAL

EXPERIMENTO

B) COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DINÁMICO (μ_d)

$$\mu_d = \tan\alpha_2 - \frac{a_x}{g\cos\alpha_2}$$

Usar **RADIANES** para $\bar{\alpha}$ y $\Delta\alpha$
en el cálculo de μ_d y $\Delta\mu_d$!!

- Para un ángulo fijo α_2 (calcule su valor), realice el experimento, obtenga a_x y calcule μ_e
- Repita el experimento (con el mismo ángulo). **Compare** los dos resultados de μ_e . *¿Presentan diferencias significativas?*
- ***Si no presentan diferencias significativas***, opte por un resultado para reportar μ_e
- ***Si presentan diferencias significativas***, ¿qué debería hacer para obtener μ_e en forma confiable? Discúptalo pero no lo haga. Reporte μ_e como el promedio de los obtenidos. ***¿ $\Delta\mu_e$?***

Ayuda

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 μ_e y $\Delta\mu_e$!!