

Laboratorio 1

1er Cuatrimestre 2021

DINÁMICA. FUERZA DE ROZAMIENTO
COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ESTÁTICO

Lucía Famá - Mauro Silberberg

Valeria Pais, Ayelén Santos



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^{da} Ley de Newton

Familiarizarse con un instrumento de adquisición de datos (Phyphox).

Determinar la frecuencia de adquisición de datos y evaluar posibles incertezas involucradas en la experiencia debido al instrumento de medición y al método.

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).

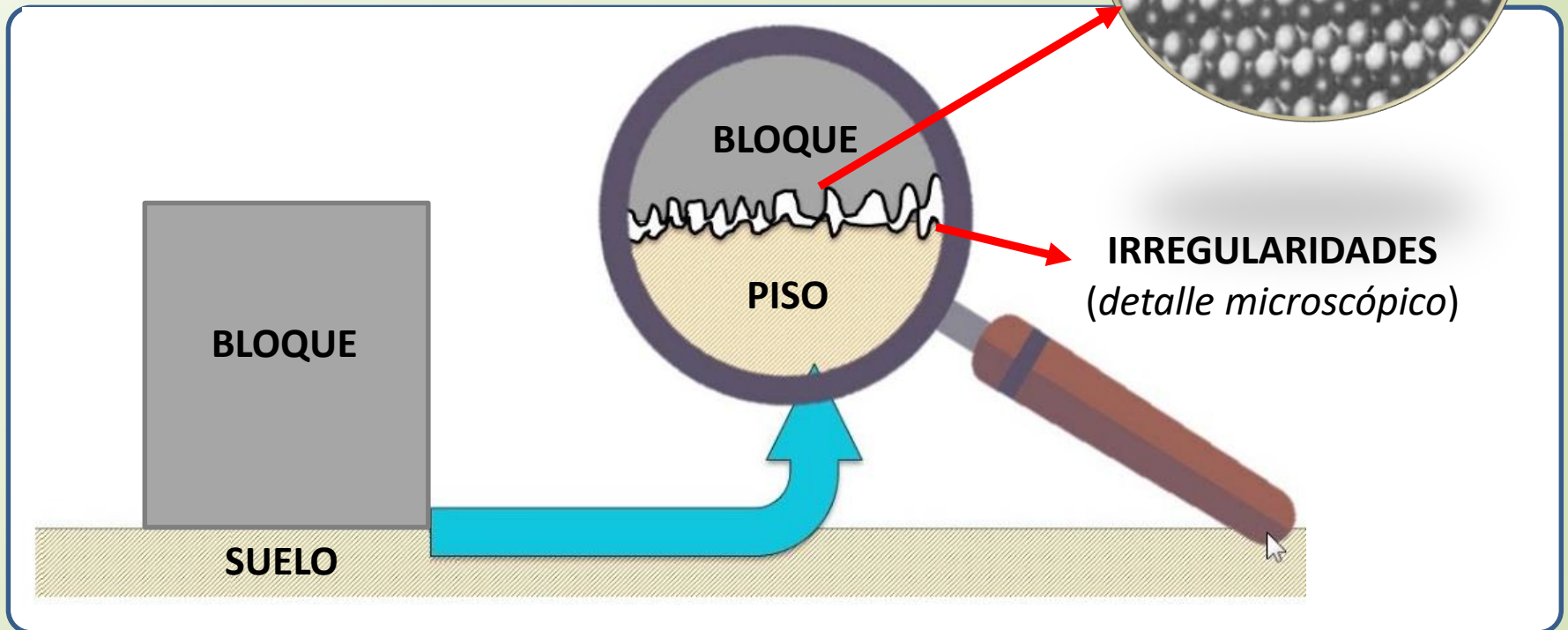
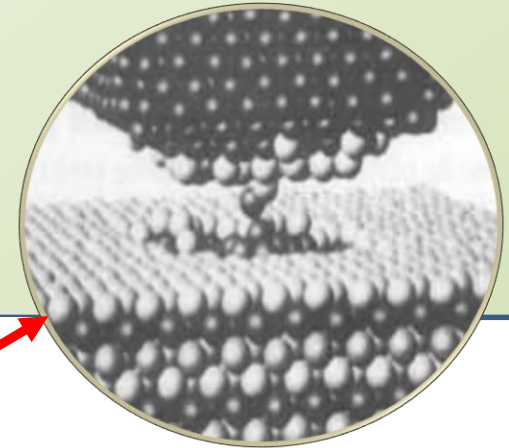
Principios de la fricción o rozamiento, a partir de una fuerza asociada a la resistencia de dos superficies en contacto.



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.

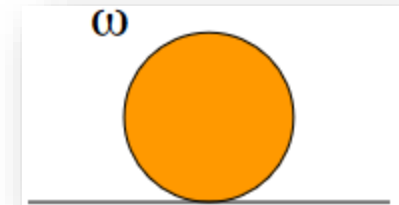
R. Feynman. Física Vol. 1 Mecánica, radiación y calor.

Clases de Fuerza de rozamiento

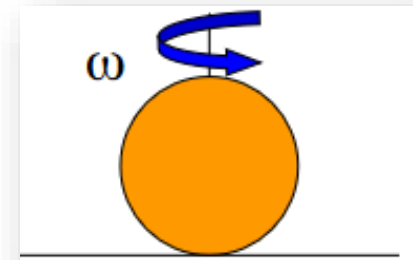
Deslizamiento. Cuando en los puntos de contacto existe una velocidad tangencial respecto al otro cuerpo



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



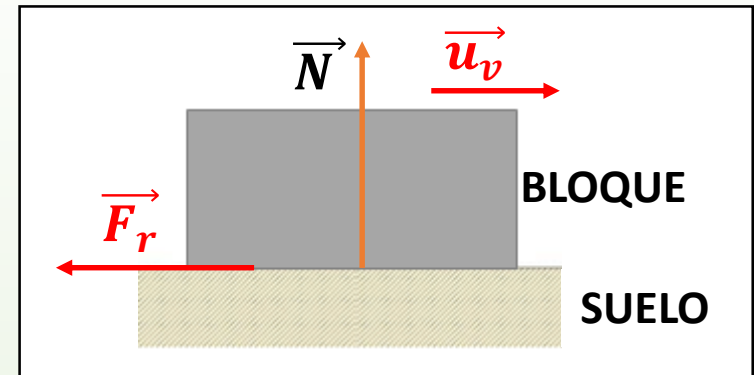
Pivotamiento. Cuando el eje de rotación es normal a la superficie en el punto de contacto.



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.



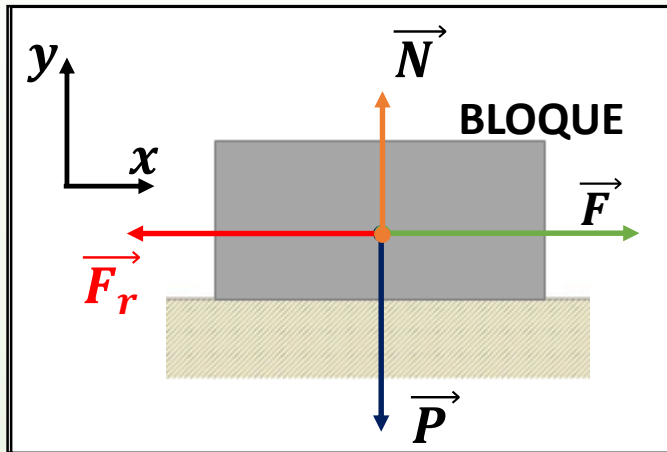
$$\vec{F}_r = -\mu \vec{u}_v N$$

- μ → 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^{da} Ley de Newton: $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

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

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})

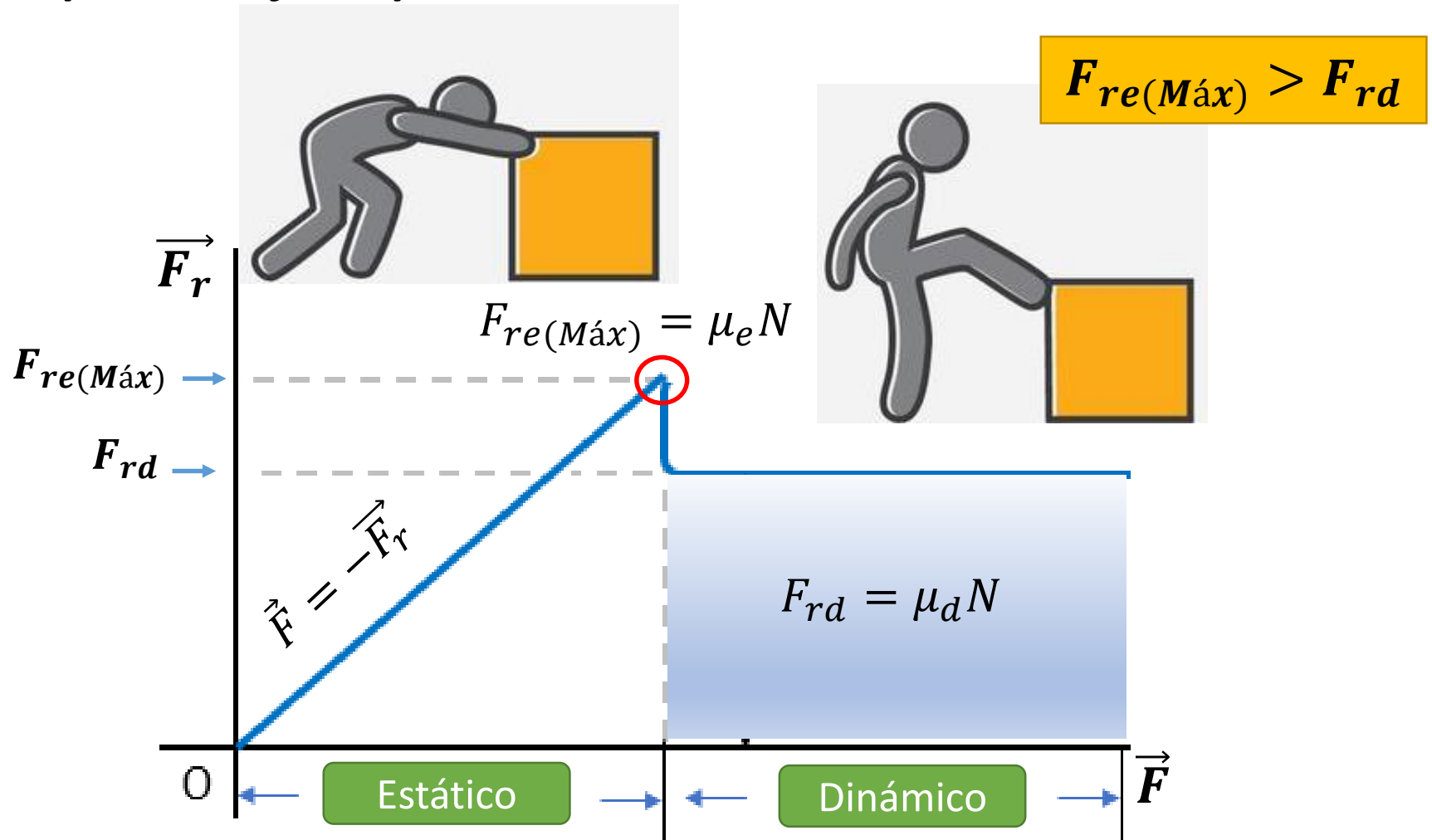
$$F_r = F - ma_x$$

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

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

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

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

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

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

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

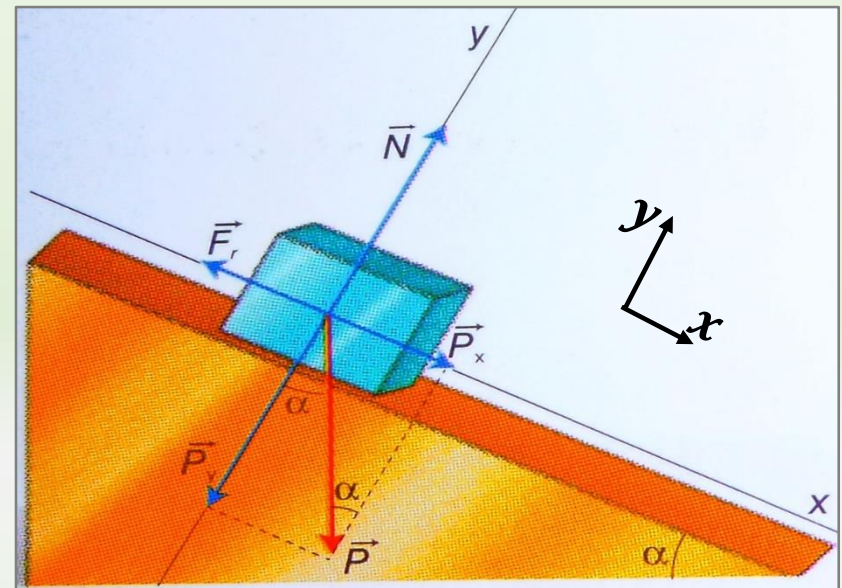
$$\hat{x}: F_r = mg \sin\alpha - ma_x$$

$$a_x = 0$$

$$a_x \neq 0$$

ESTÁTICO

DINÁMICO



Caso: Plano Inclinado

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

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

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

$$a_x = 0$$

$$a_x \neq 0$$

ESTÁTICO

DINÁMICO

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

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

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

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

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

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

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

$$\mu_e = \tan\alpha$$

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

Caso: Plano Inclinado

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

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

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

$$a_x = 0$$

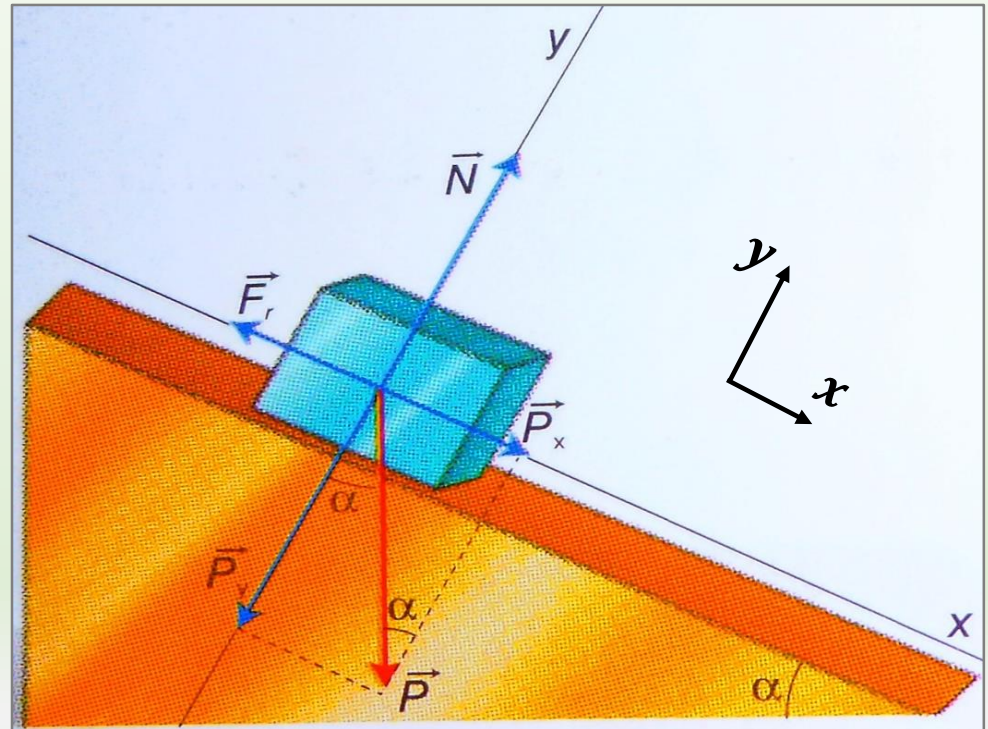
ESTÁTICO

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

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

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

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



OBTENCIÓN DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ESTÁTICO

Plano
inclinado

- ❖ Sistema 1: → Moneda-Hoja A4
- ❖ Sistema 2: → Hoja A4-Hoja A4

MATERIALES

- Moneda (la misma todos los integrantes del grupo)
- Tabla, cartón duro, etc. (que sea firme), para usar como **plano inclinado**.
- Hoja A4 (pegar al plano inclinado)
- Programa *Phyphox* en el celular. Si no tiene celular: transportador o regla.
- Para el *Sistema 2*, pegar un trozo de hoja A4 en la superficie de la moneda.

OBTENCIÓN DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ESTÁTICO

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

- Colocar una hoja A4 bien adherida al plano inclinado.
- Colocar una moneda (la misma todos los integrantes del grupo)
- Comience a inclinar el plano hasta que la moneda empiece a moverse y determinar el ángulo justo en ese instante (α)
- Calcular μ_e a partir de α

¿Cómo determinamos el valor de α ?

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

¿Fuentes de incerteza?

Instrumento

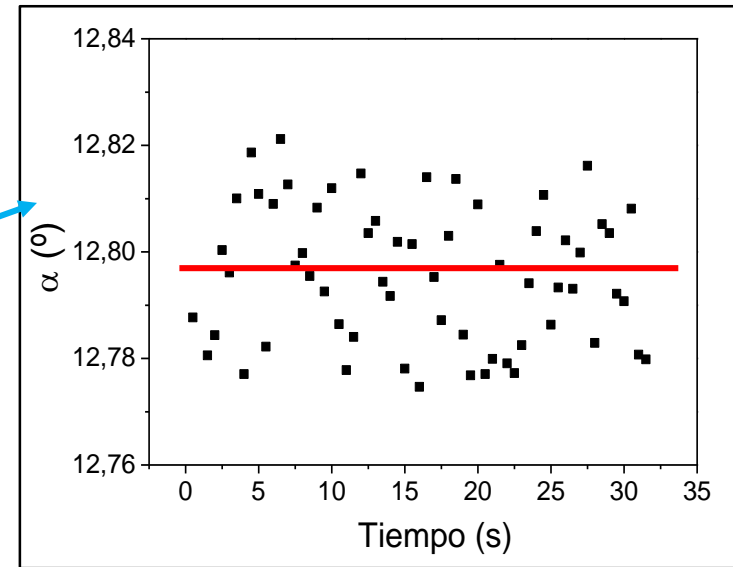
Método



EXPERIMENTO

Exp. 5

¿Cómo mide el Phyphox?



Tomar alrededor
de $N=100$ datos
para realizar un
análisis estadístico

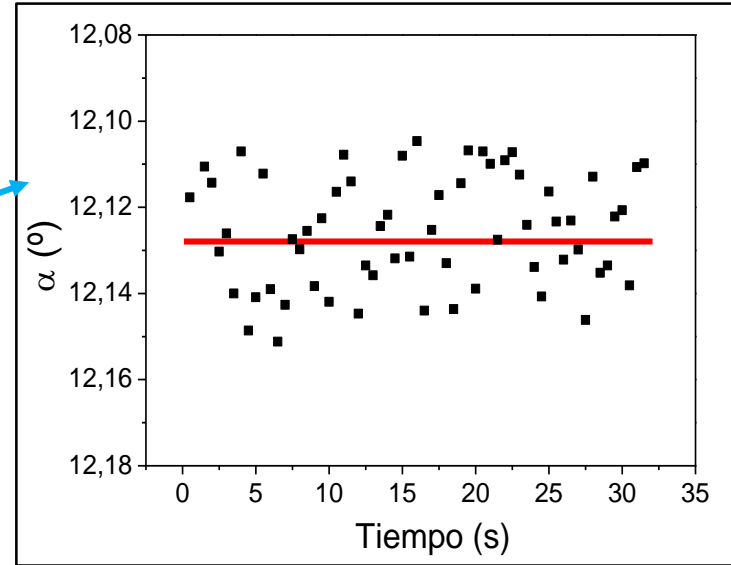
$$\bar{\alpha} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \alpha_j$$

¿ $\Delta\alpha$?

$$\Delta\alpha = \frac{s}{\sqrt{N}}$$

¿Cómo mide el Phyphox?

Roté 180 ° el celular y me dio



Diferencias significativas

$$\alpha_A(\text{sin giro}) = (\overline{\alpha_A} \pm \Delta\alpha_A) \text{ Ud.}$$

$$\alpha_{180} = (\overline{\alpha_{180}} \pm \Delta\alpha_{180}) \text{ Ud.}$$

¿Cuánto vale α ?

Ver la Guía!!!

¿Cómo determinamos el valor de α ?

Posibles fuentes de incerteza

- Incerteza instrumental 1: Variación al tomar los datos
- Incerteza instrumental 2: Diferencia de valores al rotar 180° el celular
- Incerteza debida a la repetición de la experiencia



Medir 10 Veces

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

$$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{10} \quad \bar{\alpha} = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} \alpha_j$$

¿ $\Delta\alpha$?

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 μ_e y $\Delta\mu_e$!!