



universidad de buenos aires - exactas
departamento de Física

Laboratorio 1

1er Cuatrimestre 2025

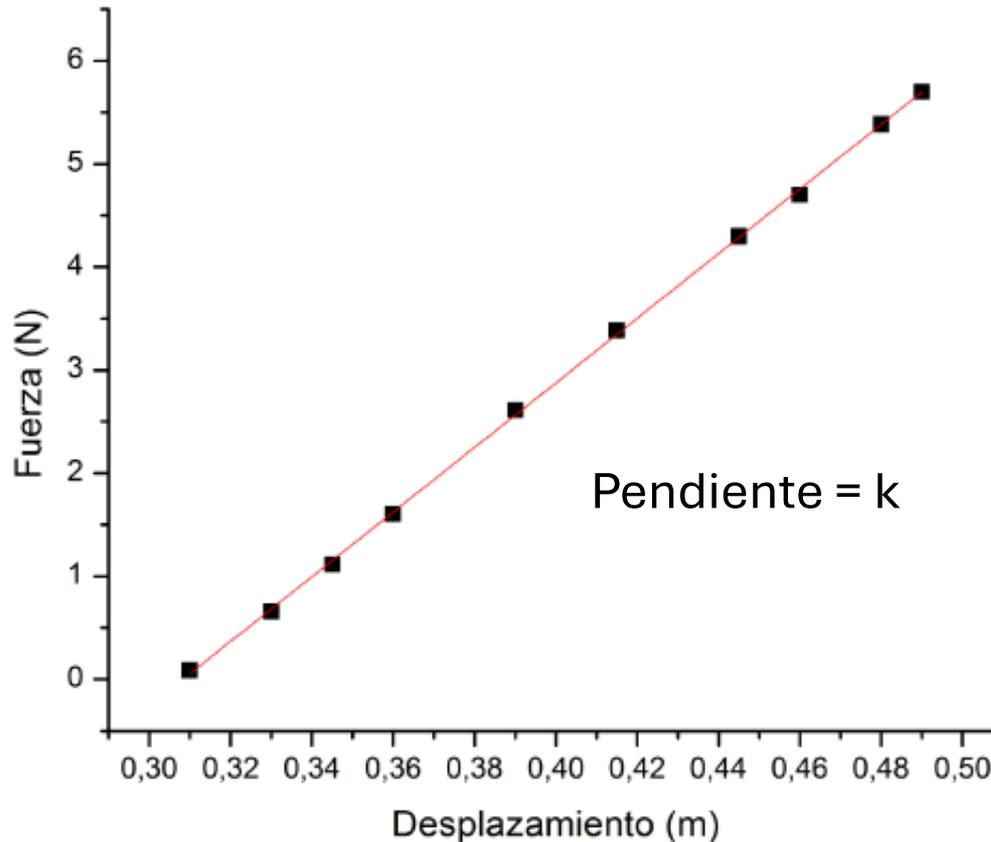
Movimiento Oscilatorio Amortiguado

**Lucía Famá, Federico Trupp, Camila Borrazás,
Juan Sangiorgio, Lara Barreiro**

20/05/2025

Repaso: Fuerza elástica – Ley de Hooke

$$|\vec{F}| = k |\Delta \vec{x}| \quad [k] = \frac{\text{N}}{\text{m}}$$



Método estático

(en equilibrio)

Repaso: Movimiento Oscilatorio Simple

Ecuación de Newton

$$\sum F = mg - k(x - l_0) = ma$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x + \frac{k}{m}l_0 + g$$

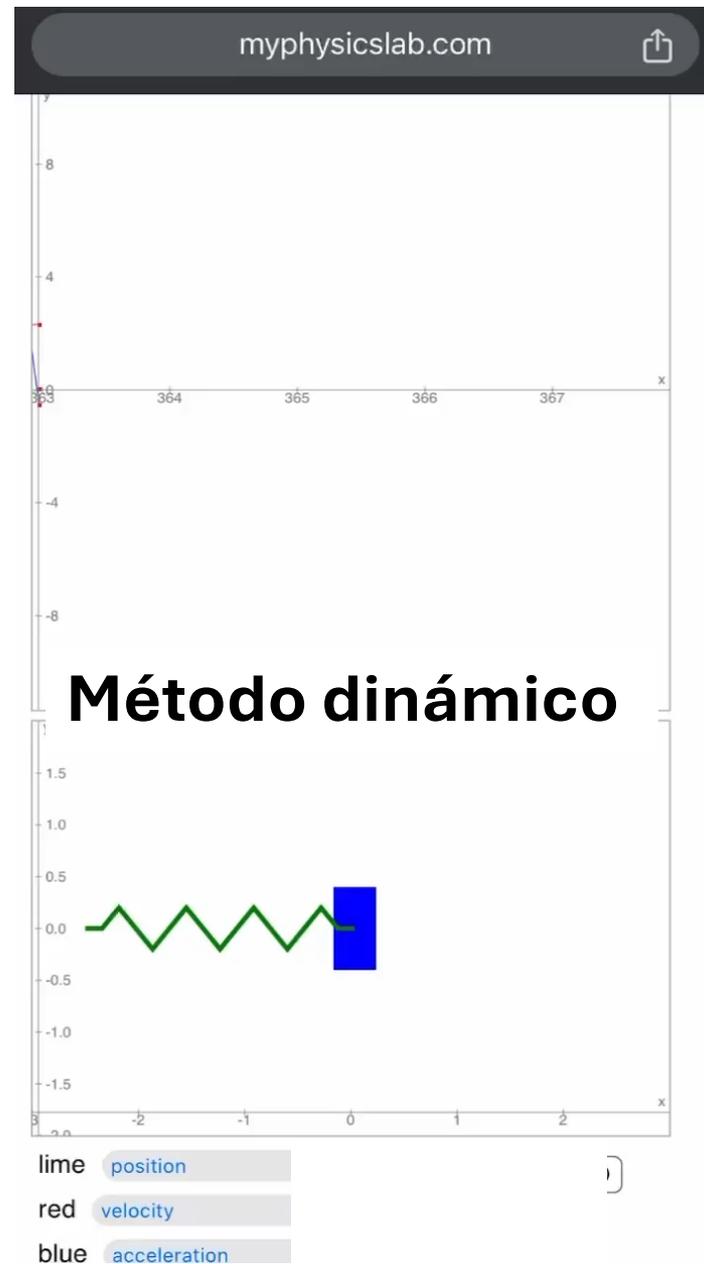
Solución a la ecuación de Newton

$$x(t) = x_0 + A_0 \cos(\omega_0 t + \delta)$$

Definimos la frecuencia angular ω_0 como:

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m} \quad [\omega_0] = \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

 No hay disipación de energía



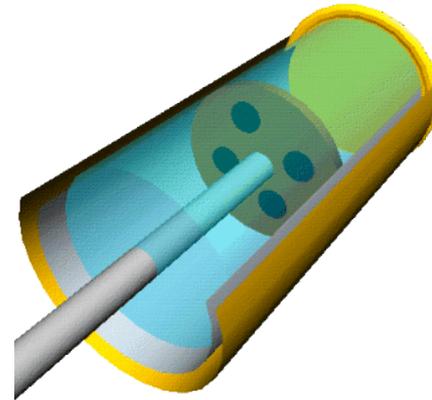
Movimiento Oscilatorio

¿Qué pasa si la oscilación ocurre en un medio con viscosidad no despreciable?



Movimiento Oscilatorio Amortiguado

Amortiguadores mecánicos: sistemas de resorte + pistón en aceite



Disipa energía

Movimiento Oscilatorio Amortiguado

¿Cómo cambia el modelo?

¿Qué pasa con la amplitud?

¿Qué pasa con la frecuencia?

$$\sum F = -kx - bv = ma$$

$$[b] = \frac{kg}{s}$$

Término de amortiguamiento que depende de la velocidad

Vinculado a la viscosidad del medio

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x - \frac{b}{m}\frac{dx}{dt}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\gamma\frac{dx}{dt} + \omega_0^2x = 0$$

Movimiento Oscilatorio Amortiguado

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\gamma \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0 \quad \gamma = \frac{b}{2m} \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m}$$

$\gamma =$ constante de amortiguamiento $[\gamma] = \frac{1}{s}$

Solución a la ecuación de Newton:

$$x(t) = \underbrace{A_0 e^{-\gamma t}}_{\text{Amplitud decreciente}} \underbrace{\cos(\omega t + \delta)}_{\text{Cosenoidal con nueva frecuencia angular}} \rightarrow \omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$$

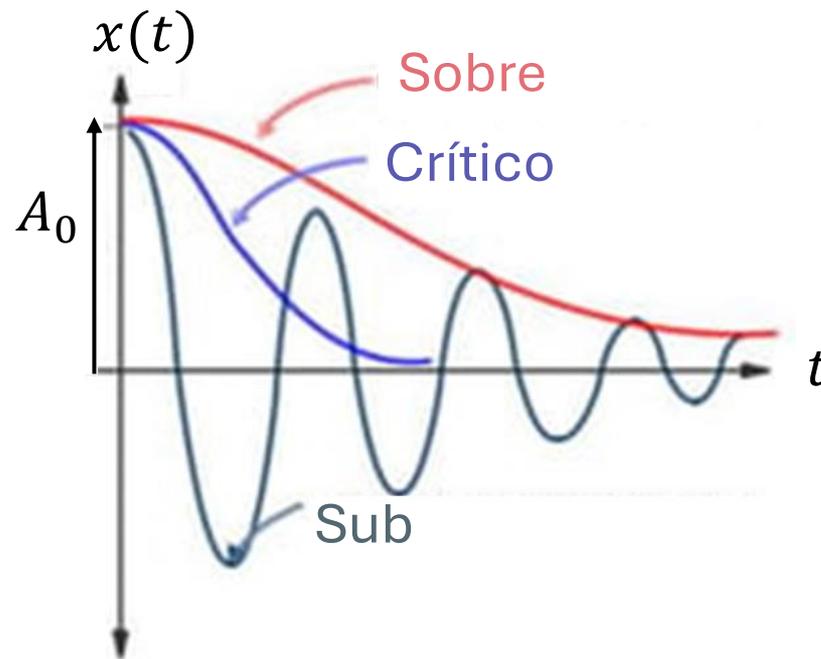
$[\omega] = \frac{\text{rad}}{s}$

Movimiento Oscilatorio Amortiguado

$\omega_0^2 > \gamma^2 \rightarrow$ Subamortiguado o “débil”

$\omega_0^2 = \gamma^2 \rightarrow$ Crítico

$\omega_0^2 < \gamma^2 \rightarrow$ Sobreamortiguado o “fuerte”



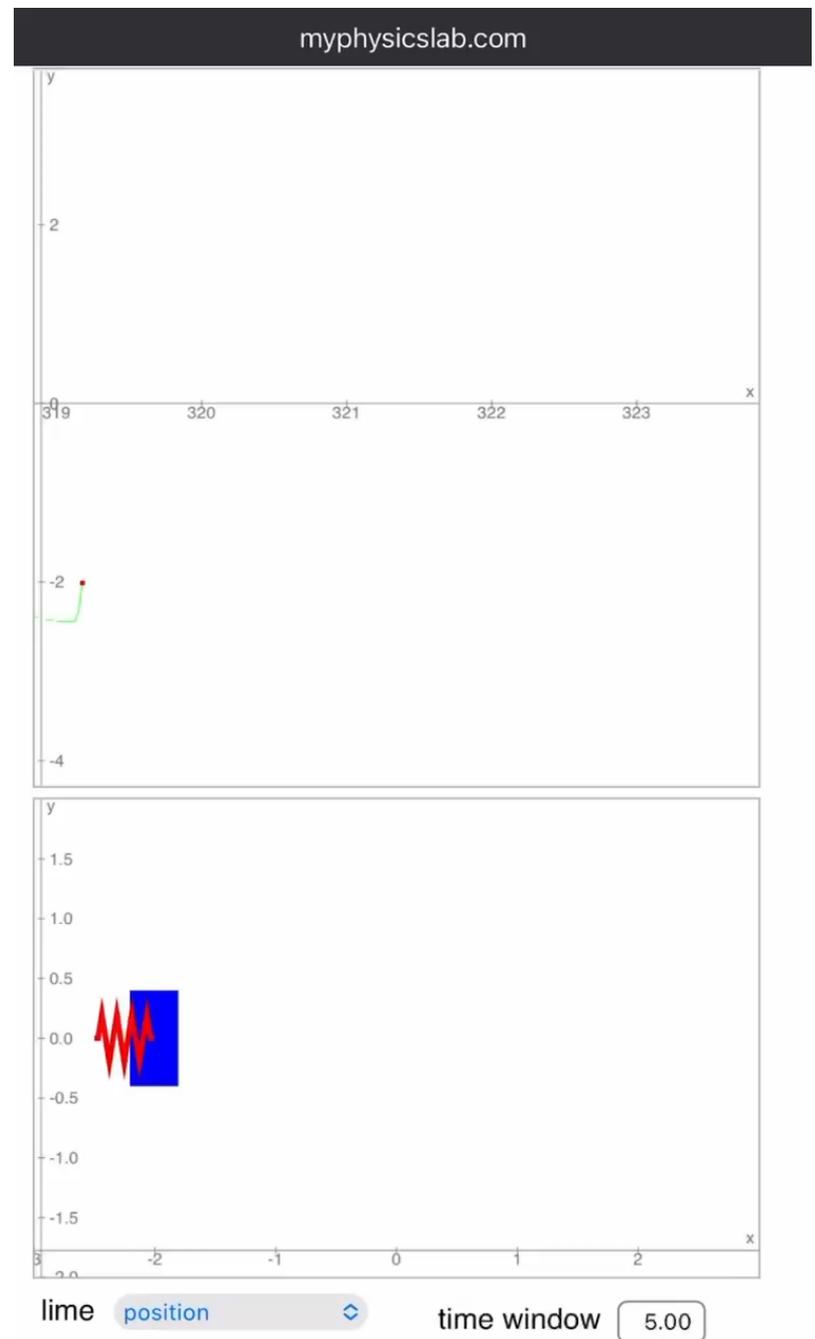
Subamortiguado

$$x(t) = A_0 e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \delta)$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2} \quad \omega_0^2 \gg \gamma^2$$

Objetivo: determinar la constante de amortiguamiento γ (unidades 1/s)

$$A(t) = A_0 e^{-\gamma t}$$



Pasos para estudiar el fenómeno

1- Estudiamos la física básica:

- Movimiento oscilatorio amortiguado, ecuación de amortiguación sinusoidal (“sine damp”)

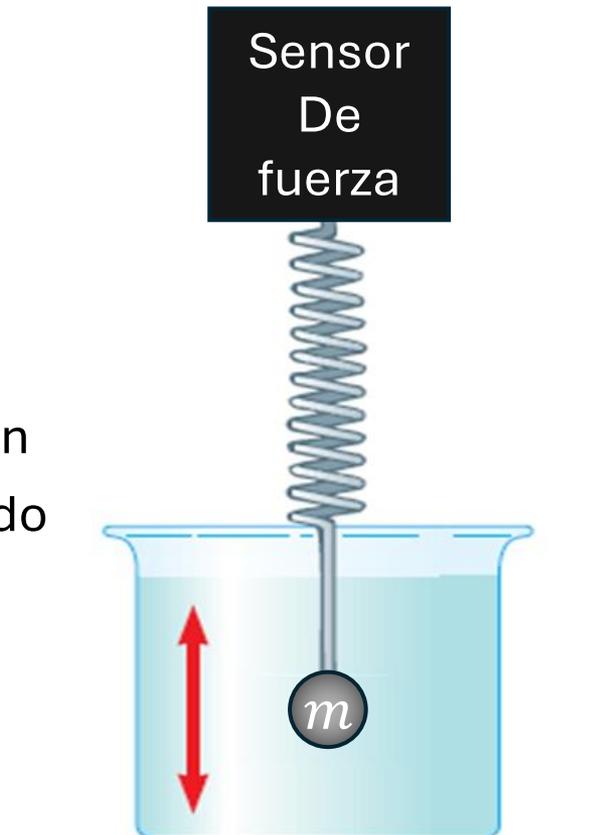


2- Elegimos equipamiento/instrumental

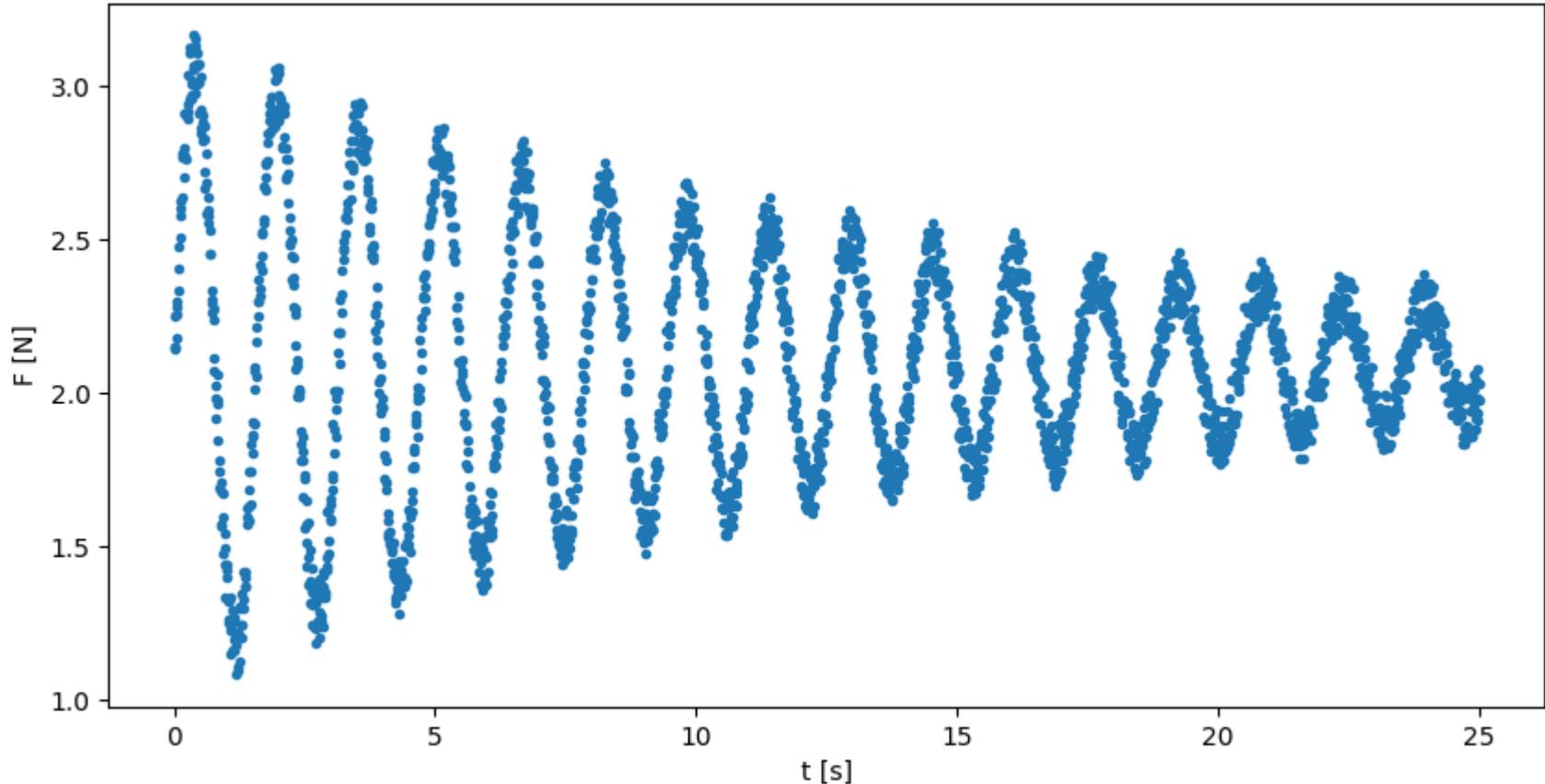
- Sensor de fuerza + motion DAQ
- Resorte
- Masa acoplada
- Recipiente con líquido (agua)

3- Determinamos el método experimental

- Calibrar el sensor de fuerza y evaluar calibración
- Armar el setup sumergiendo la masa en el líquido
- Determinar la frecuencia e intervalo de tiempo de adquisición
- Correr el sistema de su posición de equilibrio y dejar oscilar libremente
- Pasar los datos de fuerza y tiempo al código de Python y analizarlos



Mediciones y análisis



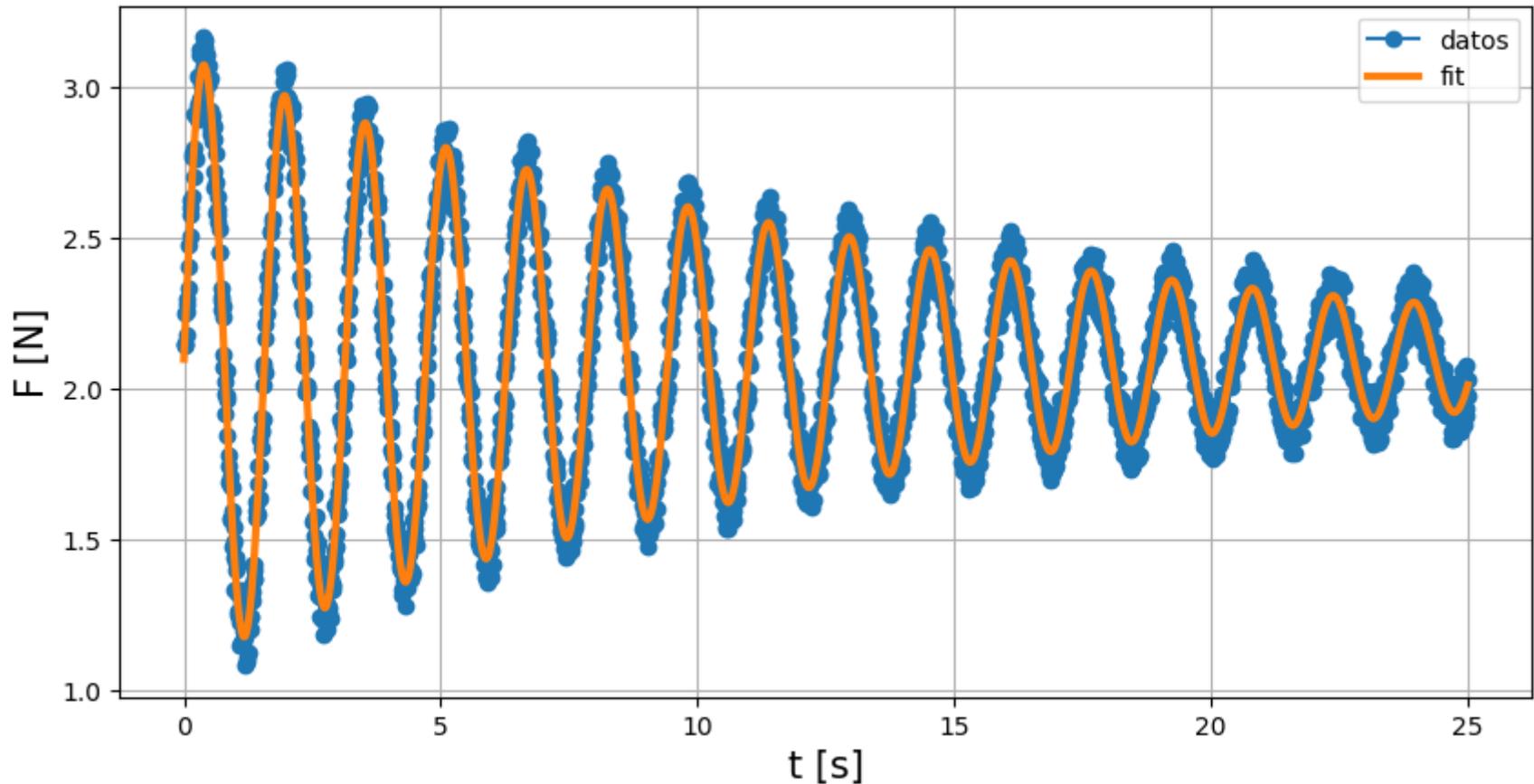
Solución a la ecuación de Newton: $x(t) = A_0 e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \delta)$

Derivada segunda multiplicada por m :

$$F(t) = F_0 e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \delta) \qquad F_0 = mA_0(\gamma^2 + \omega^2)$$

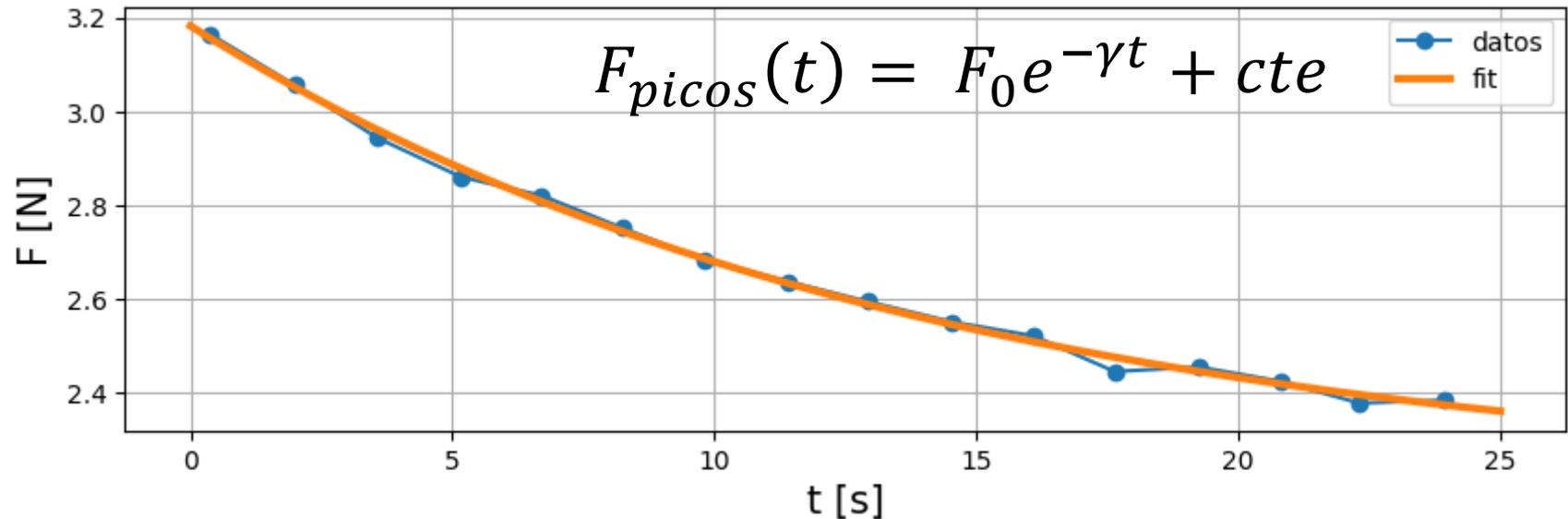
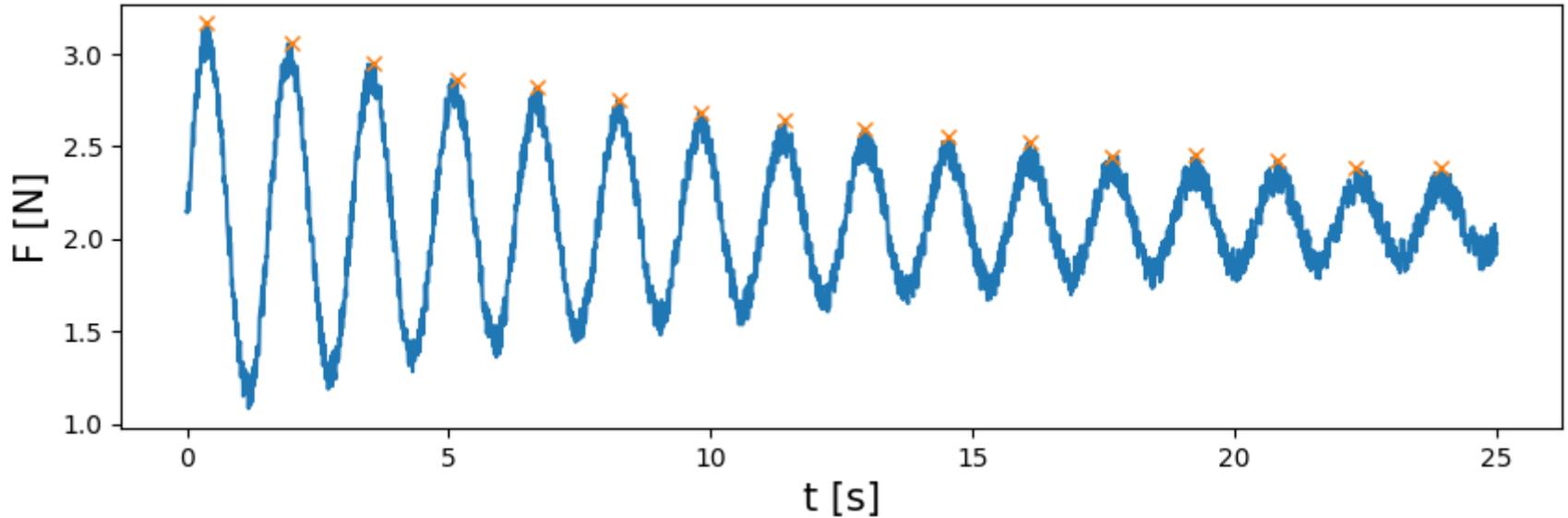
1) Ajuste con coseno amortiguado

$$F(t) = F_0 e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \delta) + cte$$



➔ Colab de ajuste no lineal con parámetros iniciales (y bounds de ser necesario)

2) Ajuste con exponencial decreciente a los picos



➡ Colab para encontrar los picos + colab de ajuste no lineal con parámetros iniciales

3) Linealización y ajuste lineal

$$F(t) = F_0 e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \delta) \quad F_{picos}(t) = F_0 e^{-\gamma t}$$



Linealización: ¿Con qué función puedo hacerlo?

$$\boxed{\ln()} \quad \rightarrow \quad F_{picos}(t) = F_0 e^{-\gamma t} + \text{cte}$$

Háganla ustedes!

Ayudas:

i) Centrar las oscilaciones en el cero

Pueden hacerlo desde el principio para que quede en los 3 casos

ii) Atención a cómo operan los logaritmos

iii) Atención a la propagación de errores!

Actividad de hoy

Obtener la constante de amortiguamiento γ en un experimento de oscilación de una masa en un líquido

- Obtener la curva de fuerza en función del tiempo de oscilaciones amortiguadas (determinar frecuencia y tiempos de adquisición adecuados)
- Analizar las curvas y obtener γ con tres métodos de análisis distintos:
 1. Ajuste coseno amortiguado a todos los datos
 2. Ajuste exponencial decreciente a los picos
 3. Linealización y ajuste lineal de los picos
- Esta es una actividad para completar el día de hoy: evaluación del trabajo en equipo en tiempo y forma

Al final de la clase:

Tener los gráficos correspondientes a los 3 métodos de análisis y ajuste, y los respectivos valores de la constante de amortiguamiento γ