

Laboratorio I C

Departamento de Física, FCEyN, UBA

1er cuatrimestre 2024

Docentes:

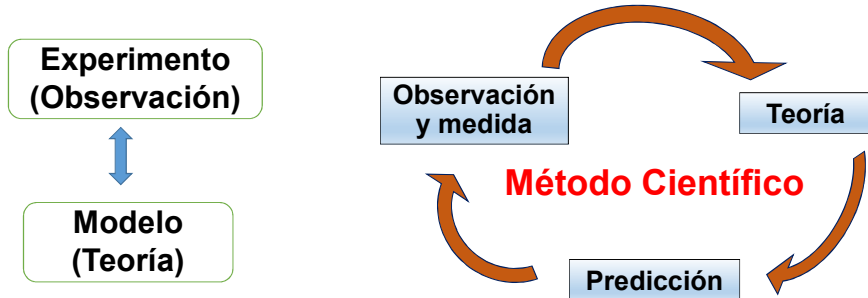
Gabriela Pasquini, Mauro Silberberg,
Luciana Martínez, Federico Szmidt

Página de la materia: <https://materias.df.uba.ar/l1c2024c1/>

Agradecemos a Lucía Famá y Ángel Marzocca por facilitarnos importante material para la preparación de estas clases.

Investigación en Física

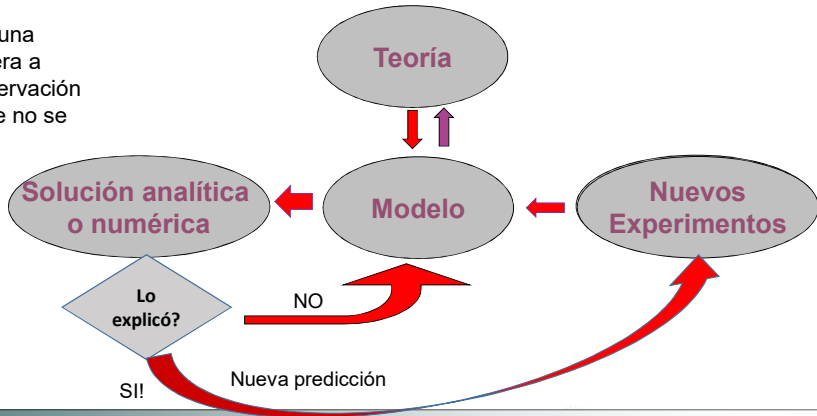
La física es una ciencia natural, basada en experimentos.



Investigación en Física

La física es una ciencia natural, basada en experimentos.

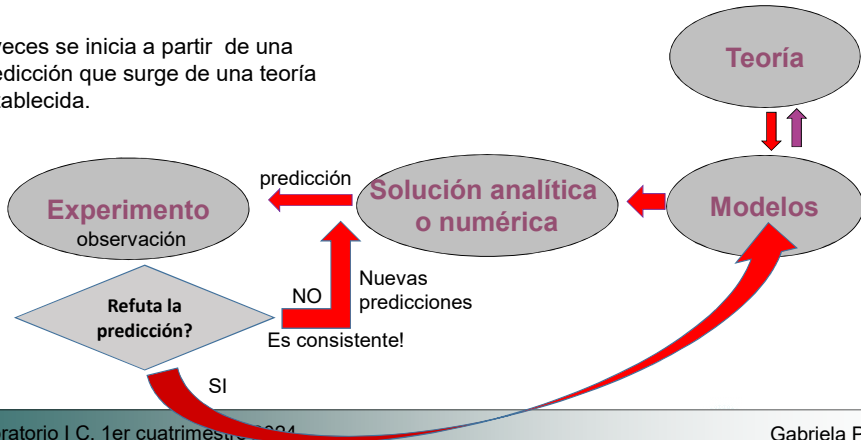
Frecuentemente una pregunta se genera a partir de una observación experimental que no se puede explicar



Investigación en Física

La física es una ciencia natural, basada en experimentos.

A veces se inicia a partir de una predicción que surge de una teoría establecida.



Investigación en Física



La física es una ciencia natural, basada en experimentos.

Los experimentos permiten invalidar modelos o marcos teóricos

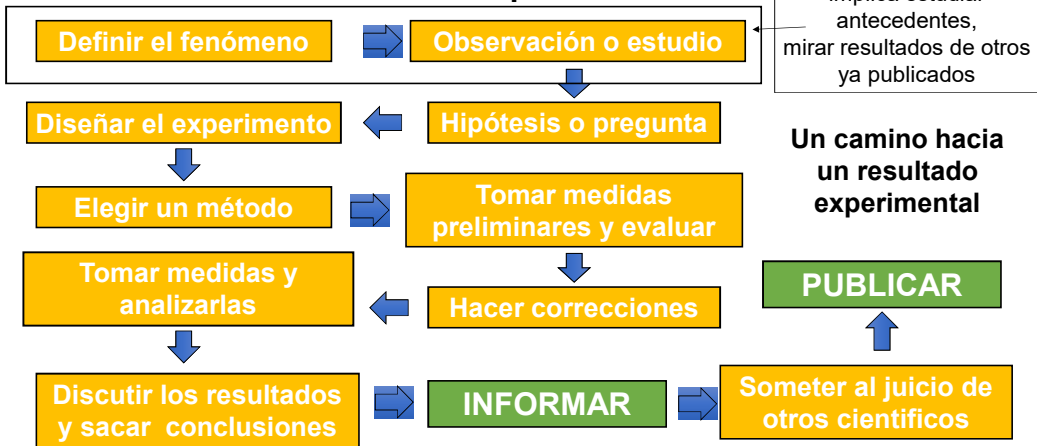
Si una predicción no se verifica experimentalmente (y el experimento está bien hecho!) entonces las suposiciones del modelo o el marco teórico por los cuales se llegó a esa predicción **NO** son válidos

Un resultado experimental nunca puede asegurar la validez de una teoría, solamente puede ser consistente con sus predicciones

Si una predicción es consistente con los resultados experimentales entonces el marco teórico y las suposiciones del modelo por los que se llegó a esa predicción **NO SE PUEDEN DESCARTAR**. Podemos considerar válidas esas suposiciones y realizar otras predicciones con ellas.

Una serie sucesiva de experimentos consistentes validan un marco teórico (hasta que alguno lo invalide).

Física Experimental



Física Experimental

Qué vamos a aprender en las materias experimentales?



- Ser rigurosos a la hora de afirmar una observación experimental y cuantificarla.
- Ser capaces de estimar en forma rigurosa las limitaciones experimentales.
- Técnicas experimentales que nos permitan realizar las observaciones y adquirir los datos.
- Técnicas de tratamientos de datos y herramientas de estadística.
- Reportar nuestros datos de manera clara y convincente.
- Diseñar experimentos para poder contestar las pregunta que nos hacemos.
- Evaluar si las hipótesis de los modelos se ajustan a nuestra situación experimental.
- Estudiar antecedentes de un tema y tenerlos en cuenta para hacer nuestras preguntas y modelos.
- Contrastar con modelos y eventualmente proponer hipótesis a partir de nuestras observaciones.
- Comunicar nuestros resultados a la comunidad científica de forma clara y correcta.

EMPECEMOS

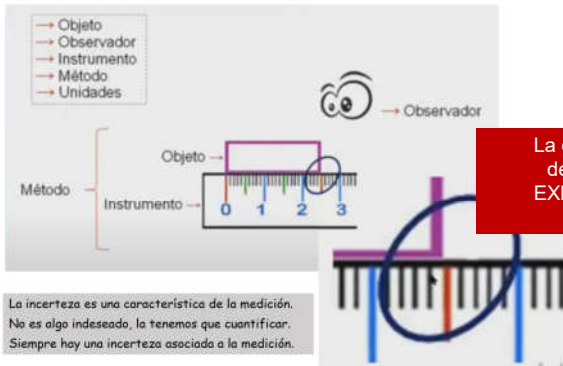
**Nociones básicas para realizar un
experimento**

Nociones básicas experimentales

- **Magnitud Física (MF):** atributo de un objeto, cuerpo, fenómeno o sustancia que puede ser cuantificada (ej. masa, longitud, velocidad ...)
- **Valor de una MF:** cantidad de la MF, se expresa: **número y unidad**
- **Unidad:** es una magnitud física definida y adoptada por convención a través de un **patrón**, respecto de la cual las otras MF de la misma especie son comparadas (m, kg, etc...)



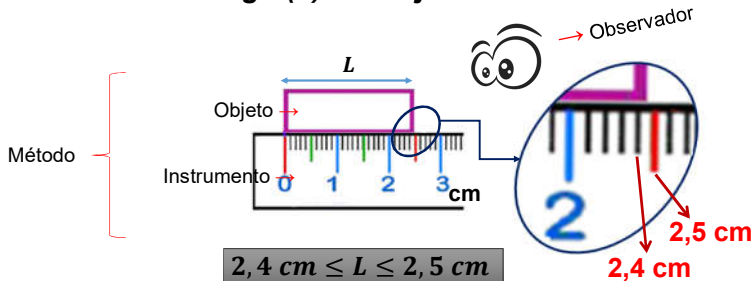
Nociones básicas experimentales



- **Método de Medición:** Procedimiento experimental para obtener la MF
- **Instrumento:** Calibrado respecto de la unidad patrón dentro de una tolerancia especificada.

Noción de Incerteza o incertidumbre

¿Cuánto mide el largo (L) del objeto?



El resultado de una medición está acotado

Siempre hay una incerteza asociada a la medición

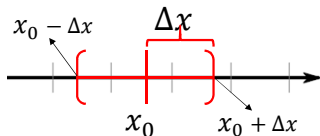
Cómo expresar el resultado de la medición de una MF

Valor representativo e intervalo de confianza

x_0 : Valor más representativo

Δx : Incerteza Absoluta

Resultado:



Intervalo de Confianza

$$x_0 - \Delta x \leq x \leq x_0 + \Delta x$$

$$[x_0 - \Delta x, x_0 + \Delta x]$$

Expresión del resultado:

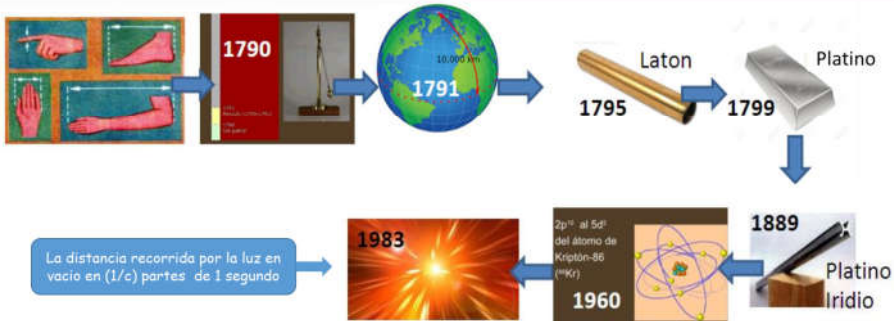
$$x = (x_0 \pm \Delta x) \text{ Unidad}$$

Patrones de unidades

La convención de cada patrón va cambiando con el tiempo

En la Francia, el 15 de Marzo de 1790 se decidió instaurar un sistema de base decimal.

10 millonésima parte de $\frac{1}{4}$ de meridiano terrestre (entre el Polo Norte y el Ecuador). Se tomó el meridiano de París. Se calculó a partir de la distancia entre Dunkerke y Barcelona



Patrones de unidades

Se busca disminuir la incertidumbre y aumentar la inmutabilidad

Definiciones del metro desde 1795⁸

Base de la definición	Fecha	Incertidumbre absoluta	Incertidumbre relativa
$\frac{1}{10\,000\,000}$ parte de la distancia entre el Polo norte y el Ecuador a lo largo de la línea del meridiano que pasa por París	1795	0.5–0.1 mm	10^{-4}
Primer prototipo <i>Metre des Archives</i> de barra de platino estándar.	1799	0.05–0.01 mm	10^{-5}
Barra de platino-iridio en el punto de fusión del hielo (1ª Conferencia General de Pesas y Medidas)	1889	0.2–0.1 μm	10^{-7}
Barra de platino-iridio en el punto de fusión del hielo, a presión atmosférica, soportada por dos rodillos (7ª CGPM)	1927	n.a.	n.a.
Transición atómica hiperfina; 1 650 763,73 longitudes de onda de la luz en transición con Kriptón 86 (11ª CGPM)	1960	0.01–0.005 μm	10^{-8}
Distancia recorrida por la luz en el vacío en $\frac{1}{299\,792\,458}$ partes de un segundo (17ª CGPM)	1983	0.1 nm	10^{-10}



La incertidumbre disminuyó a la millonésima parte

Sistema Internacional de Unidades (SI)

El Sistema Internacional de Unidades garantiza la uniformidad y equivalencia en las mediciones

Facilitar las actividades tecnológicas industriales y comerciales en diversas naciones del mundo

Símbolo	Nombre	Magnitud
s	segundo	tiempo
m	metro	longitud
kg	kilogramo	masa
A	amperio	corriente eléctrica
K	kelvin	temperatura termodinámica
mol	mol	cantidad de sustancia
cd	candela	intensidad luminosa

Se creó en 1960 y su última revisión es de 2018
Todas las definiciones involucran constantes universales
(por ejemplo el metro involucra la velocidad de la luz)



Mediciones directas e indirectas

No todas las medidas se realizan comparando en forma directa la MF con una unidad

Mediante la comparación con la unidad a través de un instrumento calibrado respecto del patrón

DIRECTAS

?

Mediante un **TRANSDUCTOR** calibrado que mide una propiedad dependiente de la MF a determinar

INDIRECTAS

El valor de la MF se obtiene a partir de la medición directa de otras magnitudes relacionadas



Mediciones directas

$$x = (x_0 \pm \Delta x) \text{ Unidad}$$

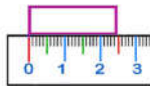
Valor más representativo

Si tengo 1 medida:

x_0 es el número leído



$$x_0 = 13.16 \text{ s}$$



$$x_0 = 2.4 \text{ cm}$$

x_0 es el número más cercano

Si tengo Más de 1 medida: $x: x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$

13,16 s

13,15 s

13,16 s

13,14 s

13,16 s

13,14 s

13,15 s

13,16 s

$x_0 = \bar{x} = \text{Valor promedio}$



$$x_0 = \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Incerteza Absoluta (Δx)



Intervalo de distancia respecto del valor más representativo dentro del cual podemos “asegurar” (con una determinada probabilidad) que se encuentra el “valor verdadero” o “más probable” de la MF.

Exactitud: Grado de similitud entre el valor más representativo medido en el experimento y el “valor verdadero” en su comparación con la unidad patrón. La incerteza asociada debe tener en cuenta la tolerancia en la calibración de los instrumentos.

Precisión: Grado de concordancia entre varias medidas hechas bajo condiciones similares en un experimento. La incerteza está asociada a la reproducibilidad, usando los instrumentos y condiciones del experimento. Está relacionada (pero no necesariamente coincide) con la **sensibilidad** o **resolución** de los instrumentos.

Dependiendo de nuestra pregunta, nos va a interesar (o no) que la incerteza reportada refleje ambos intervalos.

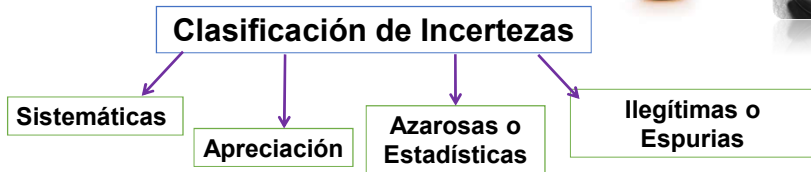
Volveremos sobre esto!!



Incerteza Absoluta (Δx)

Fuentes de Incertidumbre e imprecisión

- Por el instrumento (calibración, resolución)
- Por el método (repetitividad, observador)
- Por el objeto: definición
- Por factores azarosos o falta de control en las condiciones.



Clasificación de Incertezas



Sistemáticas

- ✓ Constante a lo largo de todo el proceso de medida
 - ✓ Afecta a todas las medidas de un modo definido
 - ✓ Aporta en un mismo sentido (mismo signo)
- Ej.: calibrado del instrumentos; paralaje; mala elección del método.
En muchos casos pueden corregirse

Espurias

- Asociadas con equivocaciones o accidentes.
Ej. anotar mal una medida, un salto de tensión en la línea que produce datos muy lejanos a los demás. En general, con suficiente justificación, se descartan.

Apreciación

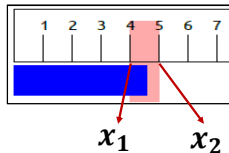
Asociada a la sensibilidad de los instrumentos o a las limitaciones del observador y/o del método .

Azarosas

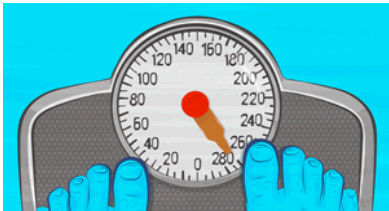
- Variaciones que aparecen entre observaciones sucesivas bajo condiciones similares, debidas a factores no controlados en el experimento, el instrumental o el observador.
Se suelen emplear métodos estadísticos para su tratamiento

Error o incerteza de apreciación (σ_{ap})

Lo que puede resolver el observador.
Muchas veces: resolución del instrumento



Incetidumbre INSTRUMENTAL



$$\sigma_{ap} \sim (x_2 - x_1)$$

Incertidumbre INSTRUMENTAL

Resolución Instrumental

Mínima variación de la magnitud detectada por el instrumento
(a veces dada por la mínima división, a veces no)



Resolución 1 s



Resolución 0,01 s

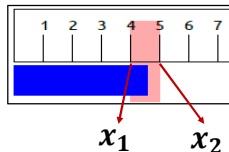
+ preciso

Menor valor ➔ *Más precisión*

Incertidumbre INSTRUMENTAL

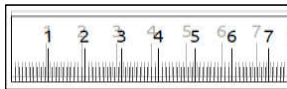
Error de Apreciación (σ_{ap}):

Lo que puede resolver el observador.
Muchas veces: resolución del instrumento



Error de Exactitud (σ_{ex}):

Asociado con el error de
calibración del instrumento



Incertidumbre instrumental

$$\sigma_{ap} = (x_2 - x_1)$$

o

$$\sigma_{ap} = (x_2 - x_1)/2$$

$$x = (x_0 \pm \Delta x) \text{ Ud.}$$

En cada medida i que tomo:

x_i = el número leído (instrumento digital) o más cercano (analógico), con un error de apreciación σ_{ap} dado por la resolución instrumental.

Si repito varias medidas y todas arrojan el mismo valor →

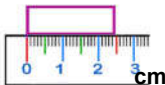
$$x_0 = x_i$$

$$\Delta x = \sigma_{ap}$$



$$\sigma_{ap} = 0,01 \text{ s}$$

$$x = (13,16 \pm 0,01) \text{ s}$$



$$\sigma_{ap} = 0,1 \text{ mm}$$

$$x = (2,4 \pm 0,1) \text{ mm}$$



$$\sigma_{ap} = ? \text{ kg}$$

$$x = ??$$

Y si repito varias medidas y no me dan siempre lo mismo??

$$x_0 = \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

- ¿Cuántas veces repetimos la medición (N)? **Discutamos**
- El valor del promedio puede depender de eso? **Discutamos**
- Es intuitivo que Δx va a depender de la dispersión de los datos. Y de N?

Spoiler: Un buen estimador de la incerteza estadística de la media:

$$\sigma_{est} = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}$$

$$\Delta x = \text{máx}(\sigma_{est}, \sigma_{ap})$$

Cifras significativas



2 Cifras significativas: 0,000034

1 Cifra significativa: 0,00003

	Cifras Significativas
906	3
906,00	5
0,9060	4
0,90600	5
$4,5 \times 10^3$	2
$4,50 \times 10^3$	3

Para expresar un resultado se deben incluir sólo las cifras que tienen algún significado experimental → **Cifras Significativas en Δx**

$x_0 = 32,24089$	2 Cifras significativas: $x_0 = 32,24$	1 Cifra significativa: $x_0 = 32,2$
$\Delta x = 0,2319$	→ $\Delta x = 0,23$	→ $\Delta x = 0,2$
	$x = 32,24 \pm 0,23$	$x = 32,2 \pm 0,2$

Tratamiento de datos



Métodos numéricos usando lenguajes de alto nivel

- Matlab
- **Phyton**
- Código abierto
- Muy versátil
- Muy util para tratamiento sistemático de datos
- Gran cantidad de biblioteca y recursos compartidos
- Lo van a usar toda la carrera

Vamos a ver Introducción a Phyton la clase próxima

<https://colab.research.google.com>

Spyder

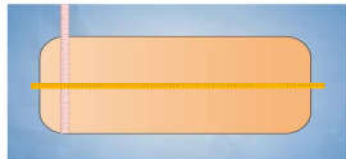
Planillas para tratamiento de datos

- Excell
- **Origin**
- Se obtiene bajo licencia
- Menos práctico para tratamiento sistemático o de gran cantidad de datos.
- Muy fácil de usar y práctico para análisis no sistemáticos (pruebas)
- Util para graficar datos en el momento

ACTIVIDADES

1) Medir el largo de una mesa con una regla o cinta métrica:

- Cada integrante la mide una o dos veces.
- Decidan si es necesario hacer estadística
- De ser necesario midan mas de 10 veces cada uno
- Estimen el valor mas representativo y la incerteza
- Reporten el resultado



2) Medir el período de un faro, con cronómetro o celular:

- Cada integrante lo mide varias veces en simultaneo.
- Decidan si es necesario hacer estadística
- Estimen el valor mas representativo y la incerteza
- Reporten el resultado



GUARDEN LOS DATOS!!!

DISCUTIMOS