

TÉCNICAS EXPERIMENTALES I

Proceso de medida: Datos experimentales

Isabel Abril

Departament de Física Aplicada

Universitat d'Alacant

¿Qué significa medir?

¿Cuál es el objeto de la medida?

¿Qué información podemos obtener de un experimento?

¿Por qué hacemos experimentos?

Los alumnos deben asumir un comportamiento metódico, crítico y responsable en el laboratorio

El objetivo fundamental es adquirir una mentalidad experimental útil para futuros trabajos de investigación

Medida de magnitudes e incertidumbres

Las medidas nunca proporcionan el verdadero valor de la magnitud

- Imperfección de nuestros sentidos
- Imperfección de los aparatos de medida
- Imperfección del propio objeto
- Carácter aleatorio de la naturaleza

Errores como incertidumbres:

Duda sobre la validez del resultado de una medición

¿Son inevitables las incertidumbres?

La importancia de conocer las incertidumbres

La Física es una ciencia experimental

Observación  Medida  Ciencia cuantitativa

Es imposible conocer el verdadero valor de una cantidad física

En las ciencias experimentales las magnitudes vienen siempre determinadas por un número, la unidad y el grado de confiabilidad de la medida

$$x \pm \Delta x \text{ unidades}$$

Incertidumbre indica la calidad de la medida

El resultado de una medida está siempre afectado de un cierto grado de incertidumbre

Posibles fuentes de incertidumbre

- Límite en la sensibilidad del instrumento de medida
- Calibración incorrecta del instrumento. Efectos desconocidos de las condiciones ambientales
- Desviaciones personales en la lectura de instrumentos analógicos
- Valores inexactos de los patrones y materiales de referencia utilizados
- Aproximaciones e hipótesis incorporadas en el método y el procedimiento
- Definición incompleta del mensurando o magnitud de medida
- Valores inexactos de constantes y otros parámetros de fuentes externas

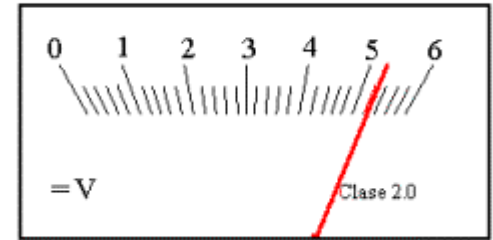
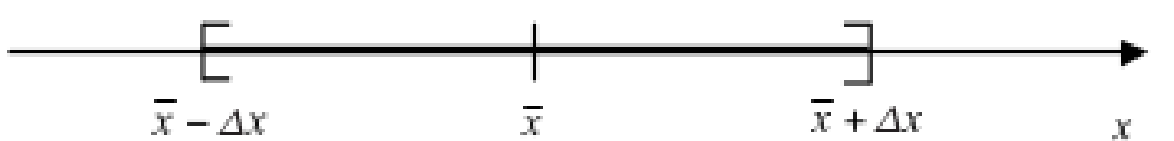
Resultado de la medición como un intervalo

$$x_{min} < x < x_{max} \quad \text{Intervalo de confianza}$$

$$\text{Valor central del intervalo} \quad \bar{x} = \frac{x_{max} + x_{min}}{2}$$

$$\text{Semiancho del intervalo} \quad \Delta x = \frac{x_{max} - x_{min}}{2}$$

$$\bar{x} - \Delta x < x < \bar{x} + \Delta x$$



Error instrumental

Resolución

Δx = mitad división más pequeña

Δx = **Error absoluto**

$x \pm \Delta x$ unidades

Indica la sensibilidad del método experimental utilizado

Realizamos varias medidas

Tiempo que tarda un cuerpo al caer 2.3; 2.4; 2.5 s

Mejor estimador Valor medio = 2.4 s

Probable intervalo 2.3 – 2.5 s

$$t = 2.4 \pm 0.1 \text{ s}$$

Decidir qué medida es más precisa

Por sí sólo el error absoluto asociado a una medida no da información de la precisión con la que se ha realizado esta medida

$$x \pm \Delta x \text{ unidades}$$

$$\varepsilon_{\text{absoluto}} = \Delta x \text{ unidades}$$

Definimos el error relativo de x en %

$$\varepsilon_{\text{relativo}} = \frac{\varepsilon_{\text{absoluto}}}{|x|} 100$$

Magnitud	Error relativo (precisión)
110 ± 5	5 %
510 ± 5	1 %
910 ± 5	0.5 %

- El error relativo determina la calidad (precisión) de una medición
- Cantidad adimensional. Permite comparan diferentes magnitudes

Clasificación de las incertidumbres según las causas que lo producen

➤ Errores sistemáticos

Incertidumbres debidas a métodos o instrumentos de medida inadecuados, que resultan en valores desviados en la misma dirección en todas las medidas. Evitables.

- Cero de escala incorrecto
- Calibrado defectuoso del instrumento
- Respuesta dinámica: tiempo de respuesta
- Utilización de fórmulas aproximadas
- Utilización de datos incorrectos

➤ Errores accidentales o aleatorios

Incertidumbres debidas a numerosas causas imprevisibles que dan lugar a resultados distintos cuando se repiten las medidas. Evaluación por métodos estadísticos. Inevitables.

- Acumulación de incertidumbres incontroladas
- Variabilidad de las condiciones ambientales
- Variaciones aleatorias intrínsecas a nivel microscópico
- Falta de definición de la magnitud a medir

Medida de un intervalo de tiempo con un cronómetro

- Error en el start y en el stop del experimentador: error aleatorio
- El cronómetro funciona mal y da siempre un intervalo de tiempo menor (o mayor): error sistemático

La repetición de las medidas es el arma para luchar contra los errores aleatorios

La lucha contra los errores sistemáticos es la comprobación cuidadosa del aparato de medida y en la ejecución de ésta

“Nueva” clasificación de la incertidumbre según la forma de evaluarla

Comité Internacional de Pesas y Medidas CIPM (1980)

Incertidumbre tipo A:

Es un método que evalúa la incertidumbre a través de un análisis estadístico de una serie de observaciones.

Incertidumbre tipo B:

Es un método que evalúa la incertidumbre a través de medios diferentes al análisis estadístico de una serie de observaciones.

Se obtiene a partir de una función de probabilidad **ASUMIDA** según los mejores conocimientos que tenemos del evento que ocurre.

Ambos tipos de evaluación están basados en distribuciones de probabilidad

**Incertidumbres tipo A y B: clasificación por la forma de evaluarla
(no por su naturaleza)**

Criterio para expresar las medidas y errores:

Cifras significativas

No tiene sentido expresar una incertidumbre con una precisión excesiva

Las incertidumbres experimentales se dan con una sola cifra significativa

Si la primera cifra significativa es un 1, se retiene la segunda cifra

Normas de redondeo:

Si la cifra que se omite es < 5 , se produce a la eliminación de ésta sin más.

Si la cifra eliminada es ≥ 5 , se aumenta en una unidad la última cifra retenida.

La última cifra significativa de valor de la medida debe de ser del mismo orden de magnitud (en la misma posición decimal) que el de la incertidumbre

Incorrectas
$3.418 \pm 0.123 \text{ m}$
$6.3 \pm 0.085 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$46288 \pm 1553 \text{ J}$
$428.351 \pm 0.27 \text{ s}$
$0.01683 \pm 0.0058 \text{ } \Omega$

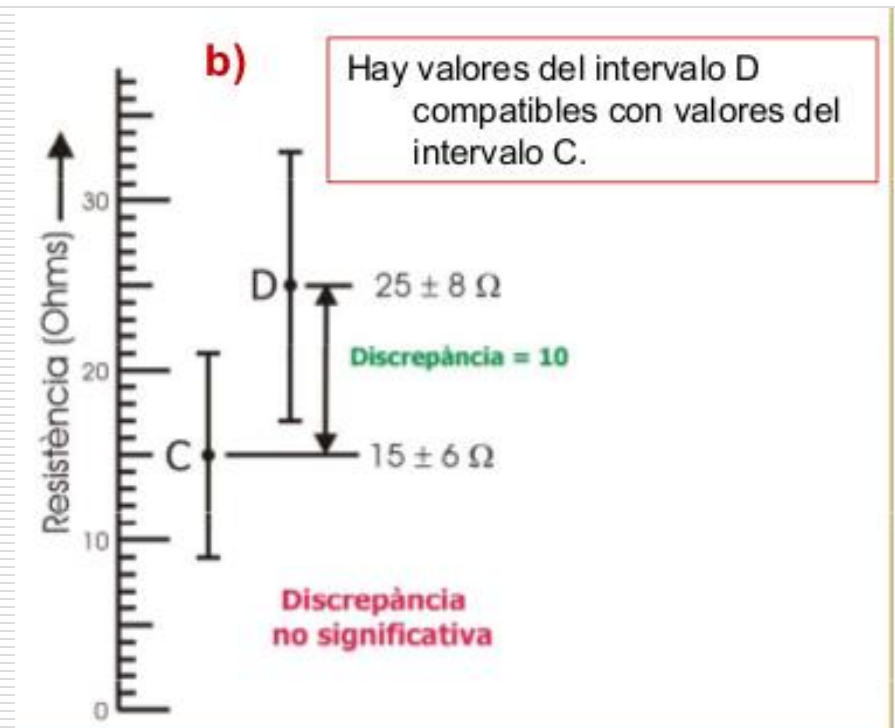
Correctas
$3.42 \pm 0.12 \text{ m}$
$6.30 \pm 0.09 \text{ }^{\circ}\text{C}$
$46300 \pm 1600 \text{ J} = (4.63 \pm 0.16) \times 10^4 \text{ J}$
$428.4 \pm 0.3 \text{ s}$
$0.017 \pm 0.006 \text{ } \Omega = (1.7 \pm 0.6) \times 10^{-2} \text{ } \Omega$

Discrepancia

La discrepancia es la diferencia entre dos valores medidos de una misma magnitud

¿Cuándo es significativa una discrepancia?

Medida de la resistencia eléctrica realizada por dos investigadoras



Idéntico valor de la discrepancia, pero en un caso es significativo y en el otro no

Comparación entre medidas y valores aceptados

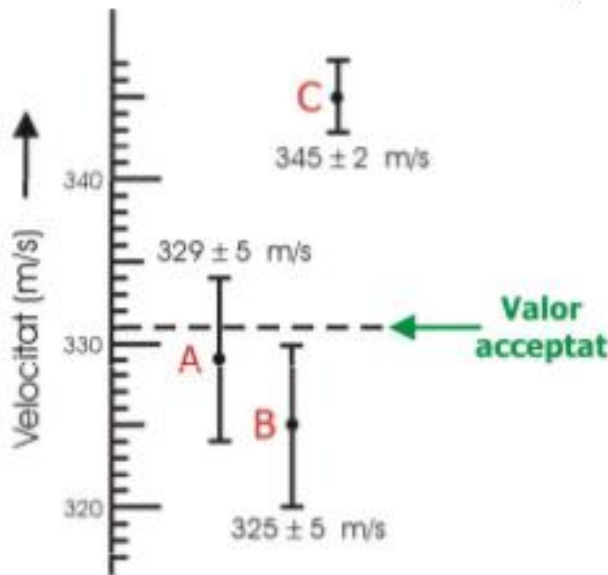
Comparar una medida individual con otras obtenidas por el mismo o por un procedimiento diferente

Comparación de una medida con un valor aceptado.

Comparación de una medida con una predicción teórica.

Comparación de varias medidas para comprobar la concordancia entre ellas y con una ley física.

Medida de la velocidad del sonido en el aire por las personas A, B y C, sabiendo que el valor aceptado en condiciones estándar de presión y temperatura es de 331 m/s



A: medida buena, valor aceptado está dentro del intervalo de la medida

B: medida consistente, valor aceptado no está muy lejos de su intervalo de error (2x error)

C: valor discrepa en 14 m/s (7 veces las incertidumbre).

Posibles causas:

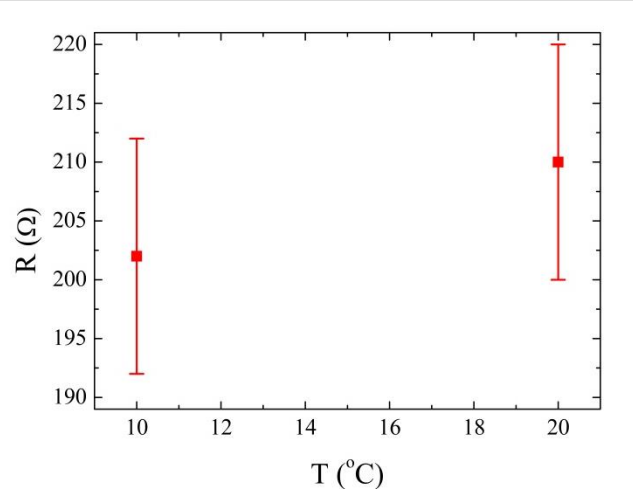
- Error en la medida o en los cálculos
 - Error incorrectamente evaluado
 - Hay errores sistemáticos no considerados
- Se ha comparado con un valor aceptado incorrecto (a 20 C, la velocidad del sonido es de 343 m/s)

Importancia de conocer las incertidumbres

¿Depende la resistencia de un conductor de la temperatura?

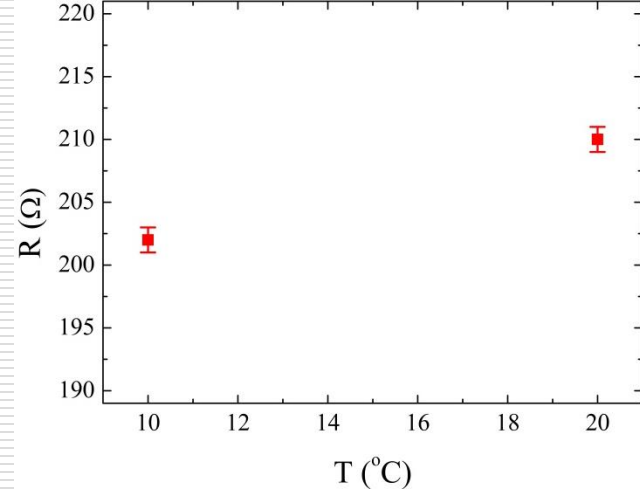
Medida	Temperatura (°C)	Resistencia (Ω)
1	10	202
2	20	210

Si la incertidumbre de $R = 20 \Omega$



Las medidas son compatibles

Si la incertidumbre de $R = 1 \Omega$



Las diferencias son significativas

La determinación de los errores sirve para aceptar o rechazar teorías

¿Cuánto se desvía la luz al pasa cerca del Sol?

- Según la Teoría General de la Relatividad (Einstein 1915) \longrightarrow **1.8''**
- Según las teorías clásicas **0.9''**

Experimento de Dyson-Eddington-Davidson (1919)
obtuvieron el resultado:

Mejor estimación del ángulo $\alpha = 2''$

Probable intervalo del ángulo α : $1.7'' - 2.3''$

CONCLUSIÓN:

La Teoría General de la Relatividad es correcta!!!

