

Laboratorio de Mecánica y Termodinámica

Cátedra: Prof. Ana Amador

Docentes del Laboratorio

Gustavo Grinblat

Jorge Alliende

Federico Petrovich

Estructura de la Materia

- 4 Prácticas de Laboratorio
 - Mediciones directas e indirectas
 - Determinación de la aceleración gravitatoria
 - Movimiento oscilatorio simple y amortiguado
 - Movimiento de un cuerpo en un fluido viscoso

Estructura de la Materia

- 4 Prácticas de Laboratorio
 - Mediciones directas e indirectas
 - Determinación de la aceleración gravitatoria
 - Movimiento oscilatorio simple y amortiguado
 - Movimiento de un cuerpo en un fluido viscoso
- 16 Grupos de 3 personas
 - 8 grupos por clase, los lunes cada dos semanas.

Estructura de la Materia

- 4 Prácticas de Laboratorio
 - Mediciones directas e indirectas
 - Determinación de la aceleración gravitatoria
 - Movimiento oscilatorio simple y amortiguado
 - Movimiento de un cuerpo en un fluido viscoso
- 16 Grupos de 3 personas
 - 8 grupos por clase, los lunes cada dos semanas.
- 4 Informes, 1 Parcial
 - 1 informe por práctica y por grupo. El parcial es individual.

Régimen de aprobación del Laboratorio

Es necesario:

- Tener aprobados (>5) los cuatro informes.
- Aprobar (>5) el parcial o el recuperatorio.
- Sólo se puede tener una inasistencia.
- Los cuadernos de laboratorio y el trabajo en clases también serán evaluados.

Régimen de aprobación del Laboratorio

Es necesario:

- Tener aprobados (>5) los cuatro informes.
- Aprobar (>5) el parcial o el recuperatorio.
- Sólo se puede tener una inasistencia.
- Los cuadernos de laboratorio y el trabajo en clases también serán evaluados.

Entrega de informes

Los informes deben entregarse por correo electrónico una semana después de la finalización de la práctica. La corrección les será entregada en el plazo de una semana desde la recepción del informe.

Cronograma tentativo

Clase	Fecha (Lunes)		Tema
	Grupo A	Grupo B	
1 (media clase)	18-mar	18-mar	Organización de la materia y armado de grupos. Normas de seguridad. Introducción a incertezas en la medición.
2	25-mar	1-abr	Guía 1 – Mediciones directas e indirectas. (Clase introductoria a la estadística de distribuciones.)
3	08-abr	15-abr	Guía 2 – Determinación de g . (Ajuste de modelos teóricos a datos experimentales. Adquisición digital de datos: sensor DAQ.)
4	22-abr	29-abr	Guía 3 – Movimiento oscilatorio simple y amortiguado. (Instrumentación y adquisición: sensores de fuerza y posición.)
5 (media clase)	06-may	06-may	Parcial.
6	13-may	20-may	Guía 4 – Movimiento de un cuerpo en un fluido viscoso. (Utilización del programa Tracker.)
-	27-may	27-may	Clase de recuperación.

Estructura de Informes

Título: Debe describir el contenido del trabajo.

Autores

1. Resumen

- Visión completa del trabajo realizado.
- En forma breve, cuál es el objetivo del trabajo, qué se hizo y cuál fue el resultado.

Estructura de Informes

Título: Debe describir el contenido del trabajo.

Autores

1. Resumen

- Visión completa del trabajo realizado.
- En forma breve, cuál es el objetivo del trabajo, qué se hizo y cuál fue el resultado.

2. Introducción

- Motivaciones del trabajo.
- Revisión de la información existente.
- Explicación teórica que permita la comprensión del trabajo.
- Presentar claramente los objetivos.

3. Método Experimental

- Detalle de la configuración experimental utilizada.
- Se explica el método de medición.

Estructura de Informes

4. Resultados y discusiones

- Gráficos y tablas de los datos resultantes con sus incertezas.
- Descripción de cómo se obtuvieron los resultados y las incertezas.
- Modelo para describir los resultados o comparación con modelo ya planteado.
- Discusión de los resultados (validez, precisión, interpretación, etc.).

Estructura de Informes

4. Resultados y discusiones

- Gráficos y tablas de los datos resultantes con sus incertezas.
- Descripción de cómo se obtuvieron los resultados y las incertezas.
- Modelo para describir los resultados o comparación con modelo ya planteado.
- Discusión de los resultados (validez, precisión, interpretación, etc.).

5. Conclusiones

- Discusión de cómo, a partir de los resultados, se demuestra aquello que se planteó como objetivo del trabajo.

6. Referencias

- Se especifica la bibliografía citada durante el desarrollo del trabajo.

Estructura de Informes

4. Resultados y discusiones

- Gráficos y tablas de los datos resultantes con sus incertezas.
- Descripción de cómo se obtuvieron los resultados y las incertezas.
- Modelo para describir los resultados o comparación con modelo ya planteado.
- Discusión de los resultados (validez, precisión, interpretación, etc.).

5. Conclusiones

- Discusión de cómo, a partir de los resultados, se demuestra aquello que se planteó como objetivo del trabajo.

6. Referencias

- Se especifica la bibliografía citada durante el desarrollo del trabajo.

Apéndices: Información complementaria que ayude a clarificar el contenido del informe.

Figuras y tablas: Cada una debe estar numerada y contener una leyenda explicativa.

Normas básicas de higiene y seguridad

- Conocer la ubicación de matafuegos, salidas de emergencia y botiquín.
- No comer, beber, o maquillarse.
- No guardar alimentos en ningún ámbito del laboratorio.
- Mantener el orden y la limpieza en la zona de trabajo y en todos los lugares comunes.
- No bloquear las rutas de escape o pasillos con elementos que entorpezcan la circulación.

Normas básicas de higiene y seguridad

- No instalar conexiones eléctricas precarias o provisionarias.
- En caso de filtraciones o goteras informar inmediatamente al docente a cargo.
- En caso de derrames incidentales, informar inmediatamente al docente a cargo.
- En caso de emergencia médica e incendios, llamar inmediatamente al interno 311 (conmutador 4576-3300) de las *Oficinas de Seguridad y Control*.

Incertezas en la medición

Magnitud física: Atributo de un cuerpo, un fenómeno o una sustancia, que puede determinarse cuantitativamente.

Método de medición: Proceso por el cual se determina el valor de una magnitud.

Incertezas en la medición

Magnitud física: Atributo de un cuerpo, un fenómeno o una sustancia, que puede determinarse cuantitativamente.

Método de medición: Proceso por el cual se determina el valor de una magnitud.

Error: La incerteza en la medición de una magnitud x se expresa Δx .

$$\bar{x} - \Delta x \leq x \leq \bar{x} + \Delta x \quad (\bar{x} \text{ es el "mejor valor" de } x)$$

Incertezas en la medición

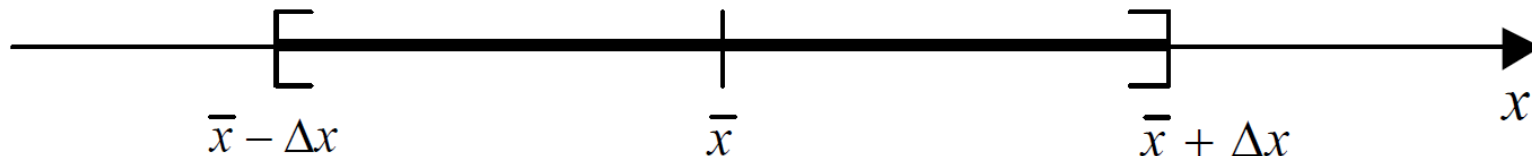
Magnitud física: Atributo de un cuerpo, un fenómeno o una sustancia, que puede determinarse cuantitativamente.

Método de medición: Proceso por el cual se determina el valor de una magnitud.

Error: La incerteza en la medición de una magnitud x se expresa Δx .

$$\bar{x} - \Delta x \leq x \leq \bar{x} + \Delta x \quad (\bar{x} \text{ es el "mejor valor" de } x)$$

El verdadero valor de x se encuentra con cierta probabilidad en este intervalo.



Los errores surgen de limitaciones del instrumento, del método de medición, y de la persona que realiza la medición.

Incertezas en la medición: Algunos conceptos

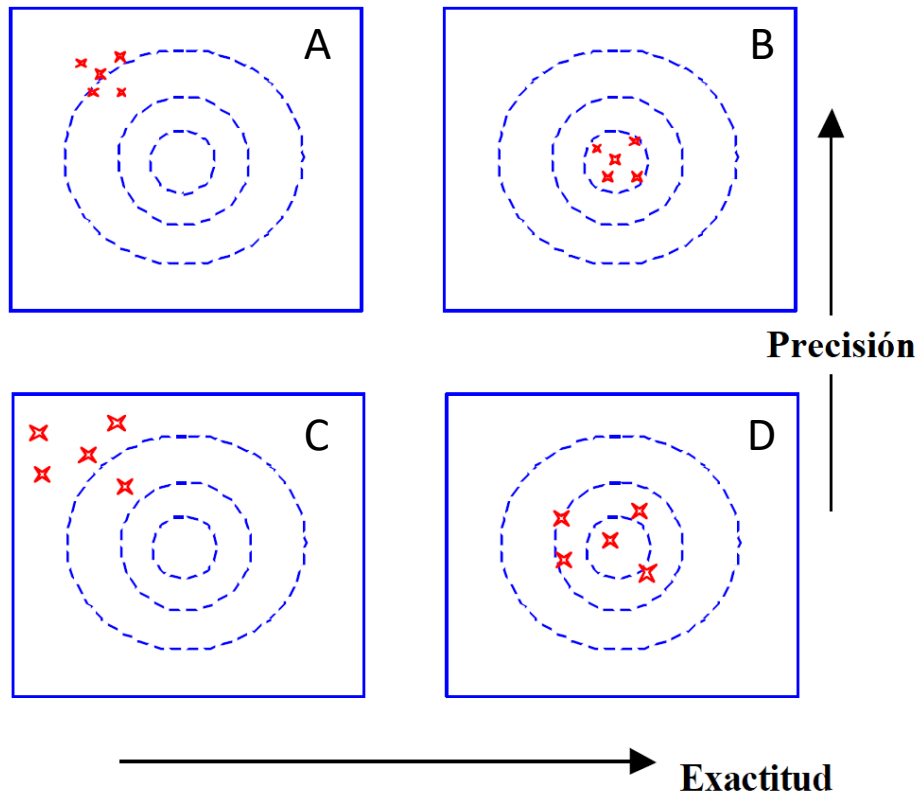
Apreciación del instrumento: Variación mínima de la magnitud que puede detectar.
(Mientras menor es la *apreciación*, mayor es la *sensibilidad*.)

Exactitud del instrumento: Está asociada a la calidad de calibración del mismo.

Incertezas en la medición: Algunos conceptos

Apreciación del instrumento: Variación mínima de la magnitud que puede detectar.
(Mientras menor es la *apreciación*, mayor es la *sensibilidad*.)

Exactitud del instrumento: Está asociada a la calidad de calibración del mismo.



La **precisión** es la concordancia entre sucesivas medidas de una magnitud.

A es más preciso que C, pero menos exacto que D.

Clasificación de los errores

Errores introducidos por el instrumento

Error de apreciación: Mínima división en la escala que se puede resolver.

Error de exactitud: Error en la calibración del instrumento.

Error de interacción: Incerteza que surge de la interacción del instrumento con el objeto.

Clasificación de los errores

Errores introducidos por el instrumento

Error de apreciación: Mínima división en la escala que se puede resolver.

Error de exactitud: Error en la calibración del instrumento.

Error de interacción: Incerteza que surge de la interacción del instrumento con el objeto.

Errores según su carácter

Errores sistemáticos: Surgen de imperfecciones en el método de medición, y afectan de igual manera a todas las medidas (desplazamiento de cero, paralaje, etc.).

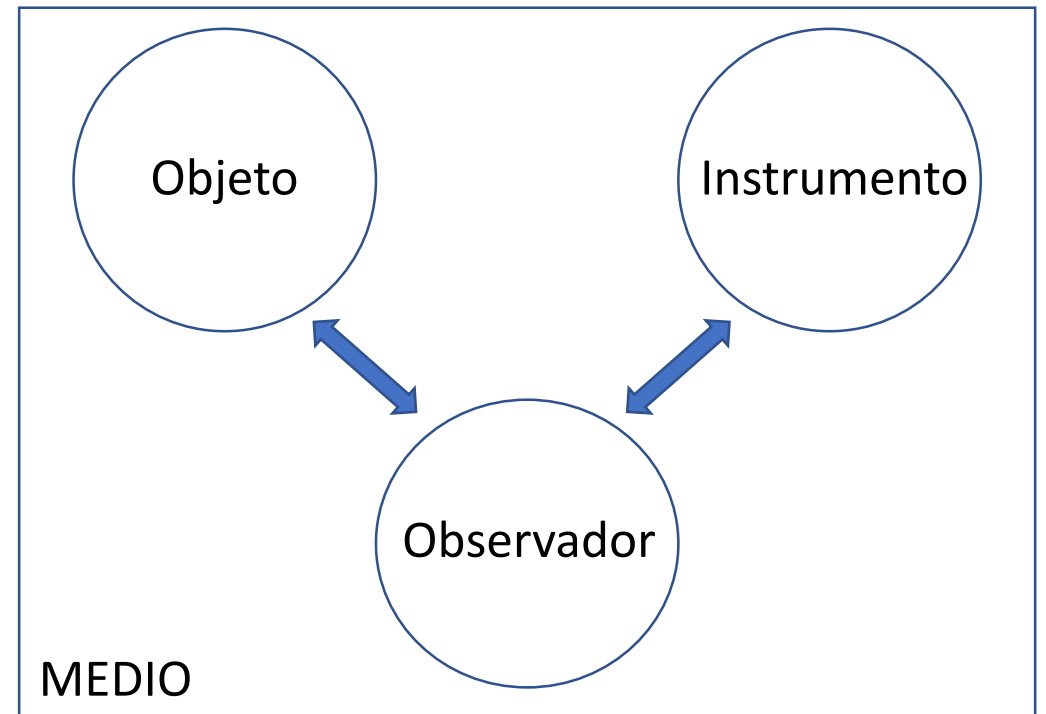
Errores estadísticos: Ocurren debido a causas múltiples y fortuitas. Sucesivas mediciones en las mismas condiciones arrojan distintos valores.

Clasificación de los errores

Error total

$$\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_{ap}^2 + \sigma_{exac}^2 + \sigma_{int}^2 + \sigma_{est}^2 + \dots}$$

La suma en cuadratura supone que las distintas fuentes de error son independientes entre sí.



Clasificación de los errores

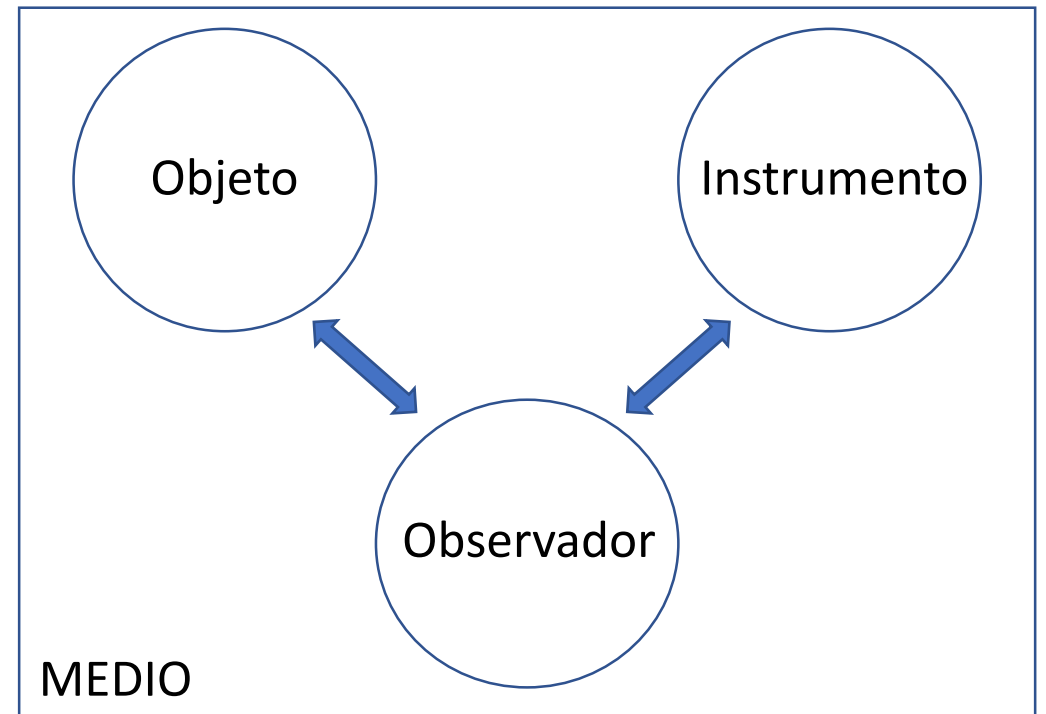
Error total

$$\sigma_{total} = \sqrt{\sigma_{ap}^2 + \sigma_{exac}^2 + \sigma_{int}^2 + \sigma_{est}^2 + \dots}$$

La suma en cuadratura supone que las distintas fuentes de error son independientes entre sí.

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \quad \text{Error absoluto: } \Delta x$$

$$\varepsilon_x = \Delta x / \bar{x} \quad \text{Error relativo: } \varepsilon_x$$



Cifras significativas

Cifras significativas: Cantidad total de dígitos de un número, contando (de izquierda a derecha) a partir del primer dígito distinto de cero.

Número	Cifras significativas
158,02	5
0,0032	2
4,1200	5

Cifras significativas

Cifras significativas: Cantidad total de dígitos de un número, contando (de izquierda a derecha) a partir del primer dígito distinto de cero.

Número	Cifras significativas
158,02	5
0,0032	2
4,1200	5

Cómo reportar el resultado de una medición

$L = (84 \pm 1) \text{ mm} \rightarrow$ error de apreciación de 1 mm.

$L = (83,9 \pm 0,5) \text{ mm} \rightarrow$ error de apreciación de 0,5 mm.

↳ $\Delta L = 0,5 \text{ mm}, \varepsilon_L = \frac{0,5}{84,2} = 0,006 = 0,6\%$

Cifras significativas

Cifras significativas: Cantidad total de dígitos de un número, contando (de izquierda a derecha) a partir del primer dígito distinto de cero.

Número	Cifras significativas
158,02	5
0,0032	2
4,1200	5

Cómo reportar el resultado de una medición

$L = (84 \pm 1) \text{ mm} \rightarrow$ error de apreciación de 1 mm.

$L = (83,9 \pm 0,5) \text{ mm} \rightarrow$ error de apreciación de 0,5 mm.

$\downarrow \Delta L = 0,5 \text{ mm}, \varepsilon_L = \frac{0,5}{84,2} = 0,006 = 0,6\%$

Formas incorrectas de reportar un resultado

$L = (83,923 \pm 1) \text{ mm}$

$L = (83,923 \pm 1,052) \text{ mm}$

En general expresamos las incertidumbres con una única cifra significativa.

Mediciones directas e indirectas

Medición directa: Temperatura, masa y longitud pueden determinarse directamente utilizando un termómetro, una balanza, y una regla, respectivamente.

Medición indirecta: Cuando la magnitud se determina a partir de relaciones matemáticas con otras magnitudes que fueron medidas directamente.

Mediciones directas e indirectas

Medición directa: Temperatura, masa y longitud pueden determinarse directamente utilizando un termómetro, una balanza, y una regla, respectivamente.

Medición indirecta: Cuando la magnitud se determina a partir de relaciones matemáticas con otras magnitudes que fueron medidas directamente.

Fórmula general de propagación de errores

$$\rho = \rho(x, y, z, \dots) \rightarrow \Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 \Delta x^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial y}\right)^2 \Delta y^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial z}\right)^2 \Delta z^2 + \dots}$$

Nuevamente, asumimos que las variables son independientes entre sí.

Mediciones directas e indirectas

Fórmula general de propagación de errores

$$\rho = \rho(x, y, z, \dots) \rightarrow \Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 \Delta x^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial y}\right)^2 \Delta y^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial z}\right)^2 \Delta z^2 + \dots}$$

Ejemplo: Densidad de un objeto cúbico de lado l

$$\rho = \frac{m}{l^3} \rightarrow \Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial\rho}{\partial m}\right)^2 \Delta m^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial l}\right)^2 \Delta l^2}$$

Mediciones directas e indirectas

Fórmula general de propagación de errores

$$\rho = \rho(x, y, z, \dots) \rightarrow \Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 \Delta x^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial y}\right)^2 \Delta y^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial z}\right)^2 \Delta z^2 + \dots}$$

Ejemplo: Densidad de un objeto cúbico de lado l

$$\rho = \frac{m}{l^3} \rightarrow \Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial\rho}{\partial m}\right)^2 \Delta m^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial l}\right)^2 \Delta l^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{l^3}\right)^2 \Delta m^2 + \left(\frac{-3m}{l^4}\right)^2 \Delta l^2}$$

Mediciones directas e indirectas

Fórmula general de propagación de errores

$$\rho = \rho(x, y, z, \dots) \rightarrow \Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 \Delta x^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial y}\right)^2 \Delta y^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial z}\right)^2 \Delta z^2 + \dots}$$

Ejemplo: Densidad de un objeto cúbico de lado l

$$\rho = \frac{m}{l^3} \rightarrow \Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial\rho}{\partial m}\right)^2 \Delta m^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial l}\right)^2 \Delta l^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{l^3}\right)^2 \Delta m^2 + \left(\frac{-3m}{l^4}\right)^2 \Delta l^2} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{l^3}\right)^2 + \left(\frac{3m\Delta l}{l^4}\right)^2}$$

Mediciones directas e indirectas

Fórmula general de propagación de errores

$$\rho = \rho(x, y, z, \dots) \rightarrow \Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 \Delta x^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial y}\right)^2 \Delta y^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial z}\right)^2 \Delta z^2 + \dots}$$

Ejemplo: Densidad de un objeto cúbico de lado l

$$\rho = \frac{m}{l^3} \rightarrow \Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial\rho}{\partial m}\right)^2 \Delta m^2 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial l}\right)^2 \Delta l^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{l^3}\right)^2 \Delta m^2 + \left(\frac{-3m}{l^4}\right)^2 \Delta l^2} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{l^3}\right)^2 + \left(\frac{3m\Delta l}{l^4}\right)^2}$$

$$m = (298 \pm 1)g$$

$$l = (3,36 \pm 0,05) \text{ cm}$$

$$\longrightarrow \Delta\rho = 0,4 \frac{g}{\text{cm}^3} \rightarrow \rho = (7,9 \pm 0,4) \frac{g}{\text{cm}^3} \rightarrow \varepsilon_\rho = 5\%$$