

# Laboratorio 1

## Docentes

Gustavo Grinblat, Laura Ribba, Ayelén Santos, Delfina Rodríguez Juiz

Pañolera: Yamila Burrafato

Departamento de Física, FCEN, UBA – Segundo Cuatrimestre, 2024

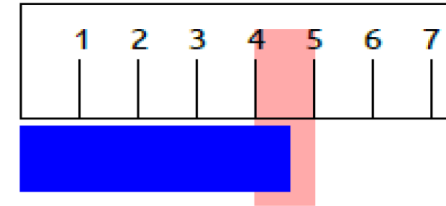
Web: <https://materias.df.uba.ar/11a2024c2>

# Repaso - Clasificación de los errores

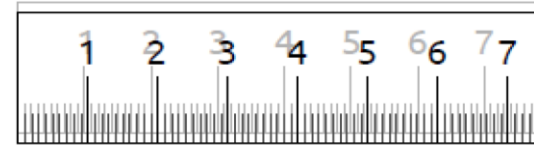
---

## Errores introducidos por el instrumento

**Error de apreciación:** Mínima división puede resolver el observador.



**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.

# Repaso - Clasificación de los errores

## Error total, error absoluto y error relativo

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

(Fuentes de error independientes entre sí)

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \begin{cases} \text{Error absoluto: } \Delta x \\ \text{Error relativo: } \varepsilon_r = \Delta x / \bar{x} \end{cases}$$

Medimos N veces  $\rightarrow \sigma_{est} = \sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}$  ( $\sigma_{\bar{x}}$ : el error estándar del promedio)

Si reportamos un resultado como  $\bar{x} \pm \sigma_{\bar{x}}$   $\rightarrow$  el nivel de confianza es del 68%

Si a mayor N, menor  $\sigma_{est}$  ¿Cuántas veces tiene sentido medir?

Un criterio sería medir tantas veces como para conseguir al menos  $\sigma_{est} \approx \sigma_{instrumento}$

# Repaso - Clases de mediciones

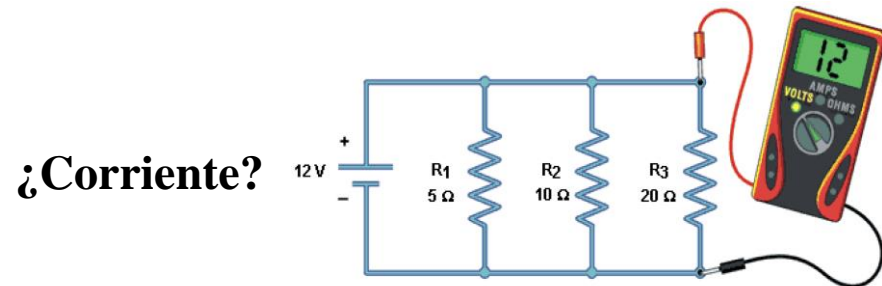
## Medición directa

La medida deseada se obtiene de la lectura del instrumento (ej. 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 (ej. superficie de un objeto a partir de la medida de sus lados)



¿Aceleración?



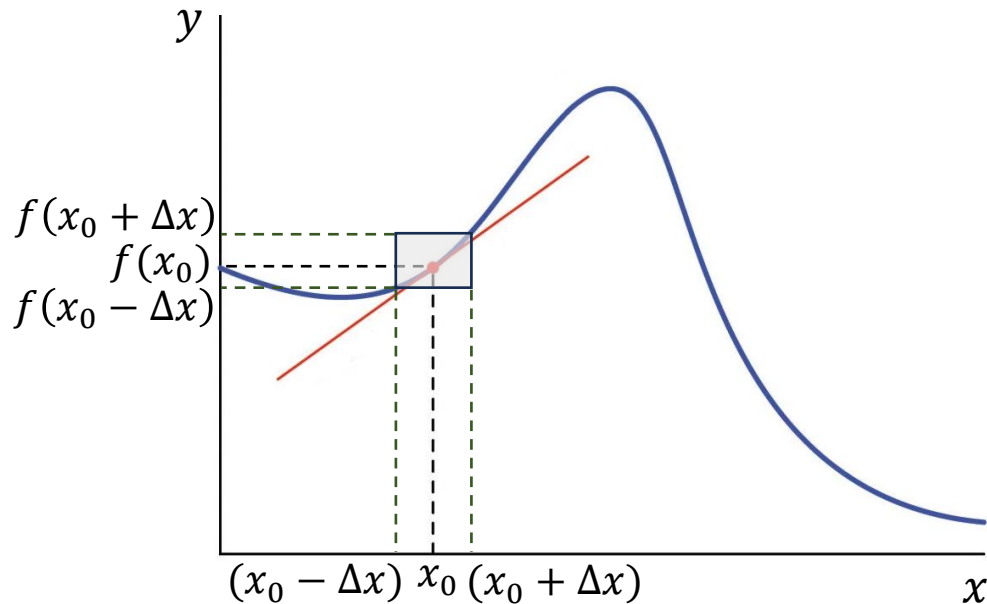
¿Área?  $h$



# Mediciones indirectas – Propagación de errores

## Medición indirecta

Cuando la magnitud se determina a partir de relaciones matemáticas con otras magnitudes que fueron medidas directamente (ej. superficie de un objeto a partir de la medida de sus lados)



Mido  $x = x_0 \pm \Delta x$

Quiero determinar  $\rho = f(x) = \rho_0 \pm \Delta\rho$

$$f(x) = f(x_0 + \Delta x) \approx f(x_0) + \underbrace{f'(x_0)(x - x_0)}_{|\Delta\rho|}$$

$$\rightarrow \Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial\rho}{\partial x}\right)^2 \Delta x^2}$$

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

# Mediciones indirectas – Propagación de errores

---

Ejemplo: Densidad de un objeto cúbico de lado  $l$

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

$$\left\{ \begin{array}{l} m = (298 \pm 1)\text{g} \\ l = (3,36 \pm 0,05)\text{ cm} \end{array} \right. \rightarrow \Delta\rho = 0,4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, \rho = (7,9 \pm 0,4) \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \rightarrow \varepsilon_r = 5\%$$

Discrepancia

- Medición 1:  $X_1 = \bar{X}_1 \pm \Delta X_1$

$$\text{Definimos } \Delta X = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta X_2^2}$$

- Medición 2:  $X_2 = \bar{X}_2 \pm \Delta X_2$

$|\bar{X}_2 - \bar{X}_1| \geq \Delta X \rightarrow$  Mediciones distintas entre sí con un límite de confianza del 68%

$|\bar{X}_2 - \bar{X}_1| \geq 2\Delta X \rightarrow$  Mediciones distintas entre sí con un límite de confianza del 95%

# Informe – Generalidades

---

- Debe ofrecer al lector un recuento claro y completo de las actividades experimentales realizadas, de las reflexiones y las conclusiones.
- Se redacta cuando ya se encuentran ordenadas las anotaciones y las ideas, así como también el análisis de datos y los gráficos.
- Es un gran entrenamiento para mejorar la redacción y capacidad de comunicar temas científicos y técnicos.
- Se espera que sean lo más parecido posible a las publicaciones en revistas científicas.

# Informe – Estructura

---

1. Título
2. Autores, mails y afiliación (en este caso pueden agregar en vez de afiliación la materia / cursada / año)
3. Resumen
4. Introducción
5. Desarrollo experimental
6. Resultados y discusión
7. Conclusiones
8. Referencias/Bibliografía
9. Apéndices



# Informe – Autores, mails y afiliación, resumen

---

El título debe dejar en claro al lector de qué se trata específicamente el trabajo

**Título del trabajo**

Nombre1 Apellido1, Nombre2 Apellido2

mail@integrante1, mail@integrante2

~~Guía 1~~

~~Práctica 1~~

~~Informe 1~~

~~Trabajo práctico N° 1~~

Laboratorio de Mecánica y Termodinámica - 2do cuat. 2024 - Lunes 8 a 14 hs

Departamento de Física, FCEyN, UBA

El informe de laboratorio es una acabada prueba de que hicimos un experimento, lo analizamos y comprendimos. Cuando redactamos el informe es cuando terminamos de ordenar nuestros datos, gráficos, anotaciones y, sobre todo, nuestras ideas. El informe debe ofrecer a los lectores un recuento claro y completo de las actividades experimentales realizadas, de nuestras conclusiones y reflexiones. Aquí va el resumen. **En forma breve se debe describir cuál es el objetivo del trabajo, qué se hizo y cuál fue el resultado.** Generalmente no debe exceder las 150 palabras. Recordar que el título del informe debe dar una idea general de lo que se hizo en la práctica. La redacción del informe debe ser en un estilo simple y descriptivo, cuidando la gramática y la ortografía.

# Informe – Autores, mails y afiliación, resumen

---

**Autores, mails y afiliación**

**Título del trabajo**

**Nombre1 Apellido1, Nombre2 Apellido2**

mail@integrante1, mail@integrante2

Laboratorio de Mecánica y Termodinámica - 2do cuat. 2024 - Lunes 8 a 14 hs

Departamento de Física, FCEyN, UBA

El informe de laboratorio es una acabada prueba de que hicimos un experimento, lo analizamos y comprendimos. Cuando redactamos el informe es cuando terminamos de ordenar nuestros datos, gráficos, anotaciones y, sobre todo, nuestras ideas. El informe debe ofrecer a los lectores un recuento claro y completo de las actividades experimentales realizadas, de nuestras conclusiones y reflexiones. Aquí va el resumen. **En forma breve se debe describir cuál es el objetivo del trabajo, qué se hizo y cuál fue el resultado.** Generalmente no debe exceder las 150 palabras. Recordar que el título del informe debe dar una idea general de lo que se hizo en la práctica. La redacción del informe debe ser en un estilo simple y descriptivo, cuidando la gramática y la ortografía.

# Informe – Autores, mails y afiliación, resumen

---

## Título del trabajo

**Nombre1 Apellido1, Nombre2 Apellido2**

mail@integrante1, mail@integrante2

Laboratorio de Mecánica y Termodinámica - 2do cuat. 2024 - Lunes 8 a 14 hs

Departamento de Física, FCEyN, UBA

### Resumen

El informe de laboratorio es una acabada prueba de que hicimos un experimento, lo analizamos y comprendimos. Cuando redactamos el informe es cuando terminamos de ordenar nuestros datos, gráficos, anotaciones y, sobre todo, nuestras ideas. El informe debe ofrecer a los lectores un recuento claro y completo de las actividades experimentales realizadas, de nuestras conclusiones y reflexiones. Aquí va el resumen. **En forma breve se debe describir cuál es el objetivo del trabajo, qué se hizo y cuál fue el resultado.** Generalmente no debe exceder las 150 palabras. Recordar que el título del informe debe dar una idea general de lo que se hizo en la práctica. La redacción del informe debe ser en un estilo simple y descriptivo, cuidando la gramática y la ortografía.

# Informe – Introducción

---

Permite que el lector cuente con la información necesaria para comprender el resto del informe.

- SÍ** Marco teórico - > describir, de forma resumida, los conceptos que se relacionan con el experimento.
- SÍ** Citar las referencias bibliográficas.
- SÍ** Numerar las ecuaciones.
- SÍ** Numerar las figuras.
- SÍ** Usar editor de ecuaciones.
- SÍ** Al final de la Introducción indicar, en forma clara y concisa, el objetivo de la práctica (¿qué cantidades físicas se quiere determinar?, ¿qué leyes físicas se busca verificar?, ¿qué fenómenos van a ser estudiados?). Esto permite vincular la introducción con la siguiente sección.
- NO** Incluir resultados ni conclusiones.
- NO** Escribir las ecuaciones que van a utilizar en forma de listado.

# Informe – Introducción

Permite que el lector cuente con la información necesaria para comprender el resto del informe.

## Ejemplo:

Un fotón generado por fluorescencia paramétrica puede emitirse en un amplio rango de longitudes de onda, siempre y cuando se cumplan las condiciones de conservación de la energía y el momento para el par de fotones, comúnmente referidas como condiciones de phase-matching [1]:

$$\hbar\omega_i + \hbar\omega_s = \hbar\omega_p \tag{1}$$

Se indica bibliografía

$$\hbar k_i + \hbar k_s = \hbar k_p \tag{2}$$

Ecuación numerada

donde  $\hbar\omega$  es la energía y  $\hbar k$  es el momento de un fotón de frecuencia  $\omega$  y vector de onda  $k$ . El subíndice  $p$  se refiere al bombeo mientras que los subíndices  $s$  e  $i$  representan los pares de fotones generados, tradicionalmente llamados signal e idler (figura 1).

Citar las figuras en el cuerpo del informe

Se describen todos los símbolos de las ecuaciones

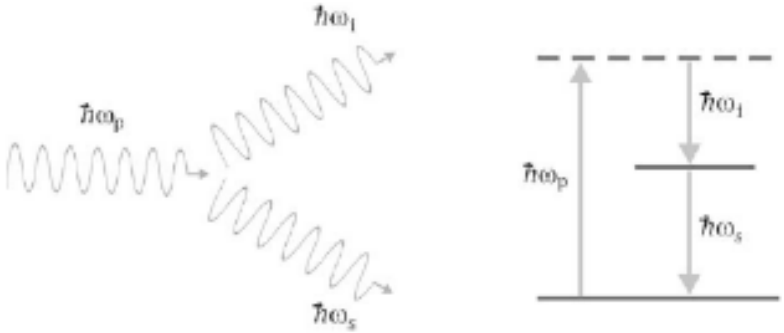


Figura numerada

Figura 1. Los esquemas representan la aniquilación de un fotón de alta frecuencia ( $\omega_p$ ) y la creación de dos fotones menor frecuencia ( $\omega_s$  y  $\omega_i$ ) durante el proceso de fluorescencia paramétrica.

# Informe – Desarrollo experimental

---

Explica al lector la forma en la que se realizaron las mediciones que luego serán analizadas.

- SÍ** Detallar configuración experimental utilizada.
- SÍ** Especificar características de los instrumentos de medición (por ej., rango de medición y resolución).
- SÍ** Explicar el método de medición con el mayor detalle y claridad posible.
- SÍ** Incluir esquemas del experimento.
- SÍ** Numerar las figuras.
- SÍ** Citar las figuras en el texto cuando se refieran a ellas.
  
- NO** Discutir cómo se analizarán los datos o las mediciones.
- NO** Incluir resultados ni conclusiones.



# Informe – Desarrollo experimental

Explica al lector la forma en la que se realizaron las mediciones que luego serán analizadas.

Descripción del experimento

Los fotones se generaron por fluorescencia paramétrica usando un par de cristales no lineales BBO cortados para phase-matching tipo I y con sus ejes ópticos rotados a  $90^\circ$  (Newlight Photonics Inc.). El par de cristales mide en total  $5 \times 5 \times 0.1 \text{ mm}^3$  y sus caras perpendiculares al bombeo tienen un recubrimiento multicapas antirreflejo (coating AR) para las longitudes de onda de 405 nm y 810 nm. La detección de fotones se realiza en las estaciones A y B como se muestra en figura 3.

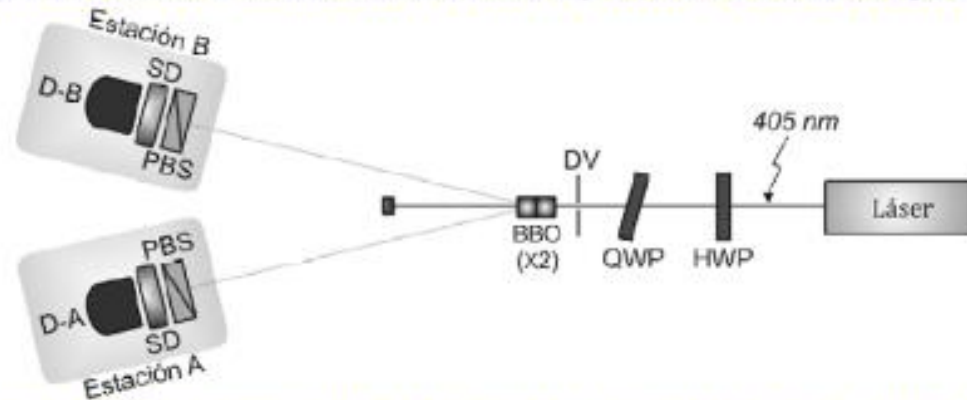


Figura 3: Esquema del dispositivo experimental para la generación y detección de fotones entrelazados. HWP: lámina de media onda para 405 nm. QWP: lámina de cuarto de onda para 405 nm. DV: diafragma variable. PBS: cubo separador de polarización. SD: sistema de detección (filtros interferenciales, objetivos de microscopio y fibras ópticas). D-A y D-B: detectores para conteo de fotones.

Citar las figuras en el cuerpo del informe

Esquema del experimento

# Informe – Resultados y discusión

---

- SÍ** Discutir cómo se analizan los datos o las mediciones.
- SÍ** Incluir resultados y una discusión de los mismos.
- SÍ** Numerar las figuras (los gráficos son figuras).
- SÍ** Gráficos con nombres en los ejes y unidades correspondientes.
- SÍ** Gráficos con incertezas en ambos ejes (si corresponde).
- SÍ** Citar las figuras en el texto cuando se refieran a ellas.
- SÍ** Todos los resultados con incerteza, cifras significativas apropiadas y unidades.
- SÍ** Se pueden incluir tablas.
  
- NO** Poner todas las figuras juntas y luego presentar la discusión de las mismas.
- NO** Repetir información en tablas y figuras (se prefieren las figuras). Por ejemplo: si presenta un gráfico de Posición vs. Tiempo, no incluir en una tabla los valores graficados.
- NO** Dejar en el gráfico las tablas que genera el Origin cuando se analizan datos. Reescribir la información en el epígrafe de la figura o el cuerpo del informe, con las unidades y cifras significativas apropiadas.



# Informe – Conclusiones

---

- SÍ** Describir las conclusiones del trabajo, relacionadas con los objetivos establecidos al principio del informe sobre el fenómeno físico estudiado.
- SÍ** Todas sus conclusiones deben estar basadas en los análisis de sus datos.
- SÍ** Destacar los resultados más importantes del trabajo: Puede hacer un resumen de los resultados y la discusión que se detalló en la sección anterior, pero debe ser breve y las conclusiones no deben limitarse sólo a eso, sino tomarlo como punto de partida.
  
- NO** Incluir figuras ni tablas.
- NO** Poner información (totalmente) nueva que no haya sido previamente discutida en la sección anterior.
- NO** Poner ecuaciones.
- NO** Se puede presentar un informe sin las Conclusiones.

# Informe – Referencias

---

- SÍ** Las referencias deben haberse identificado en el texto del informe como se explicó en Introducción.
- SÍ** Deben enumerarse.
- SÍ** Fuentes confiables y accesibles (consultar libros, papers, manuales, etc.)

**Ejemplo:**     **[número] Autor, Nombre del libro, Editorial, Lugar de publicación (año).**

## Referencias

- [1] D. C. Baird, *Experimentación: Una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos*, Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., Mexico (1991).
- [2] J. R. Taylor, *An introduction to Error Analysis: the study to uncertainties in physical measurements*, University Science Books, California (1997).
- [3] A. Maiztegui y R. Gleiser, *Introducción a las mediciones de laboratorio*, Kapelusz, Buenos Aires (1980).

# Informe – Apéndice

---

- SÍ** Incluir información complementaria.
- SÍ** Las ecuaciones del apéndice también deben estar numeradas.

# Actividad

---

**Obtener el volumen de un objeto, con su error, mediante diferentes métodos.**

- Método geométrico
- Método volumétrico
- Método másico

**Entrega (11/09)**

- Método experimental y resultados