

# Cuestiones que pretendemos responder hoy:

1. ¿Qué entendemos por Ciencia, como se genera el conocimiento científico y cuáles son sus principales características?
2. Concepto de un modelo físico
3. ¿Qué se entiende por medir?
4. ¿Cómo se expresa el resultado de una medición?
5. Tipos de errores de medición.
6. Magnitudes fundamentales de la Física.
7. ¿Para qué sirven las cifras significativas?
8. Reglas sobre el uso de cifras significativas
9. Notación científica.
10. Estimaciones, cálculos aproximados y de orden de magnitud.
11. Leyes de escala isométrica: cuerpos semejantes, factor de escala y ley cuadrática cúbica.
12. Fuerza relativa, ¿cuán fuerte sería una hormiga de nuestro tamaño?
13. Leyes de escala y la división celular, factor de viabilidad



# 1- Ciencia y Física. Mediciones, modelos, mediciones, errores, cifras significativas y estimaciones



# ¿Qué es la Ciencia?

**Ciencia:** sistema ordenado de conocimientos estructurados que estudia, investiga e interpreta fenómenos naturales y sociales.

**Conocimiento científico:** se obtiene mediante observación y experimentación en ámbitos específicos.

Se aplica el **método científico**.

**Principios y procedimientos** para búsqueda sistemática de conocimientos científicos que involucran diferentes pasos:

- 1) Observación sistemática del fenómeno.
- 2) Reconocimiento y formulación del problema.
- 3) Mediciones y experimentación.
- 4) Formulación de hipótesis.
- 5) Análisis y eventual modificación de la hipótesis.
- 6) Puesta a prueba.
- 7) Publicación de resultados y verificación entre pares.

# Método científico y Física

No existe *el método científico*.

***Pero sí hay características comunes en la manera como los científicos hacen su trabajo.***

Principales características de un método científico válido son:

**Falsabilidad (o refutabilidad)**

**Reproducibilidad y repetibilidad de los resultados.**

La Física es la ciencia natural más básica, estudia el universo, los fenómenos naturales, la estructura de la materia... desde lo más pequeño a lo más grande.

Es una ciencia natural típicamente ***experimental***.

**Ninguna teoría física se considera como la verdad final o definitiva.**

Siempre existe la posibilidad de que nuevas observaciones obliguen a modificarla o descartarla.

Inherente a las teorías físicas, es el hecho de que podemos demostrar su **falsedad** encontrando comportamientos que no sean congruentes con ellas, pero **nunca podremos comprobar que una teoría siempre es correcta.**

# Modelos en Física...

**Modelo:** versión simplificada de un sistema físico demasiado complejo para analizarse con todos sus pormenores

a) Una pelota real lanzada al aire

La pelota gira y tiene forma compleja.

La resistencia del aire y el viento ejercen fuerzas sobre la pelota.

La fuerza gravitacional sobre la pelota depende de la altura.



b) Un modelo idealizado de la pelota de béisbol

La pelota de béisbol se trata como un objeto (partícula) puntual.

No hay resistencia al aire.

La fuerza gravitacional sobre la pelota es constante.



**Ejemplo: movimiento de una pelota lanzada al aire.**

La pelota no es perfectamente esférica y gira conforme viaja por el aire. El viento y la resistencia del aire afectan su movimiento, el peso de la pelota varía un poco al cambiar su distancia con respecto al centro de la Tierra, etc.

Si tratamos de considerar todo esto, la complejidad del análisis nos abruma..

En vez de ello, **creamos una versión simplificada del problema.**

Omito tamaño y forma de la pelota, considero un objeto puntual o **partícula**, ignoro resistencia del aire (como si se moviera en vacío) y supongo su peso constante.

Ahora ya tengo un problema manejable !!!

# Medición y magnitudes

**Magnitud física** atributo de cuerpo, fenómeno o sustancia susceptible de ser medido.

Ejemplo: longitud, masa, carga eléctrica, etc.

**Medir:** comparar objeto con otro tomado como patrón universal que se define como unidad.

**Resultado de una medición:** un número real, valor de una magnitud física, su unidad correspondiente y un intervalo de incertidumbre:

$$\bar{x} \pm \Delta x$$

## Magnitudes fundamentales de la mecánica:

- Longitud (L)
- Masa (M)
- Tiempo (T)

Las otras 4 magnitudes fundamentales de la física son :

Temperatura- kelvin (K); Intensidad de corriente- amperio (A); .

Intensidad luminosa - candela (cd) y Cantidad de sustancia – mol.



# Errores de medición

Toda **medición** siempre implica un **error o incertidumbre** ( $\Delta x$ ), que indica la **máxima diferencia probable entre el valor medido** ( $\bar{x}$ ) y el real ( $x$ ).

Se expresa como:

$$\bar{x} \pm \Delta x$$

Nunca podemos conocer el valor real ( $x$ ), sólo podemos determinar el valor más probable ( $\bar{x}$ ).

$\Delta x$  depende de la **técnica de medición empleada**.

Fuentes de errores: se destacan los de **apreciación** del instrumento (menor variación de la magnitud que se puede registrar); y el de **exactitud** que cuantifica qué tanto “creemos” que se acerca al valor real. Éste se asocia a la calibración de los instrumentos.

**Otras fuentes de error:** de **interacción**, de **definición**.

Diámetro de una varilla de acero:  $56,47 \pm 0,02$  mm,

implica que es poco probable que el valor real sea menor que 56,45 mm o mayor que 56,49 mm.

# Errores de medición

**Error de medición:** diferencia entre valor medido y "valor verdadero". Afectan a cualquier proceso de medición y se deben a distintas causas. Podemos agrupar los errores en dos tipos:

**1) Deterministas o sistemáticos:** se pueden prever, calcular o eliminar mediante calibraciones y compensaciones.

Permanecen constantes en valor absoluto y en signo al medir una magnitud en las mismas condiciones, se conocen las leyes que lo causan.

Puede estar originado en un defecto del instrumento, en una particularidad del operador o del proceso de medición, etc. y se relacionan con la exactitud y apreciación del instrumento.

**2) Aleatorios o accidentales:** no se pueden prever, son inevitables, dependen de causas desconocidas o estocásticas.

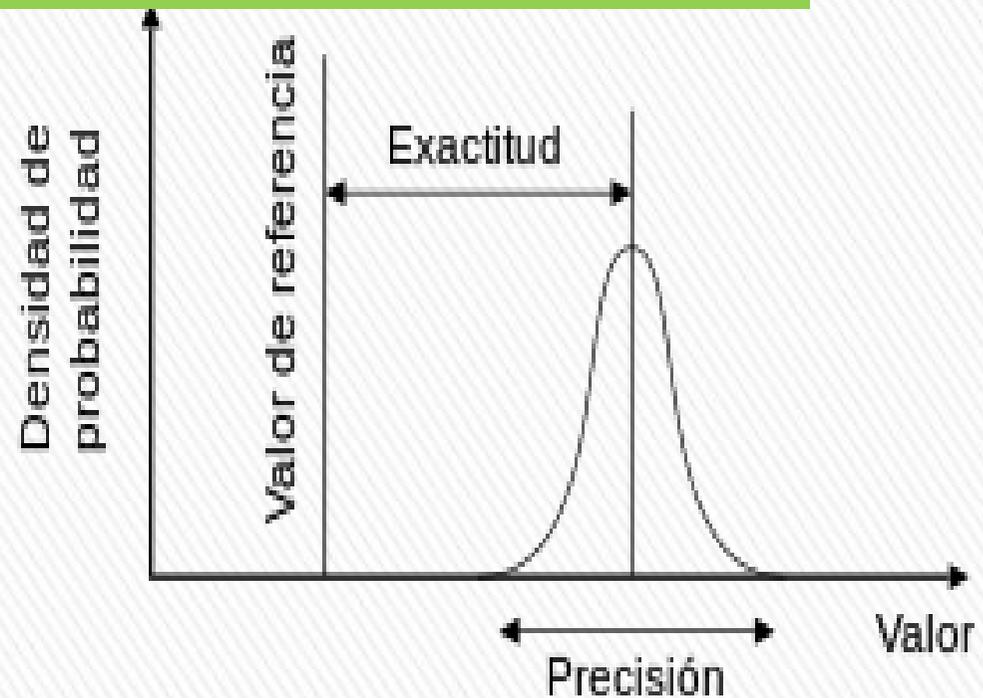
Para conocerlos primero debemos realizar una serie de medidas.

Con los datos de sucesivas medidas podemos calcular su valor medio y la desviación estándar.

Con estos parámetros se puede obtener la distribución normal característica (curva de Gauss), y la podemos acotar para un nivel de confianza dado.

# Exactitud y precisión

La **precisión** se refiere a la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud. Cuanto menor es la dispersión mayor la precisión. Una medida común de esta variabilidad es la desviación estándar de las mediciones.



La **exactitud** se refiere a cuán cerca del valor real se encuentra el valor medido. Cuanto menor es la desviación más exacta es una estimación. Cuando se expresa la exactitud de un resultado, se expresa mediante el error absoluto que es la diferencia entre el valor experimental y el valor verdadero



# Cifras significativas

En general no se da explícitamente la incertidumbre de un número, sino que se indica con las cifras significativas en el valor medido.

La medida 2,91 mm, tiene 3 cifras significativas, esto se interpreta como que los dos primeros dígitos son seguros, pero el tercero es incierto.

Es decir la incertidumbre sería de 0,01 mm.

Dos valores con igual número de cifras significativas pueden tener diferente incertidumbre; una distancia expresada como 137 km tiene tres cifras significativas, pero la incertidumbre es aproximadamente de 1 km.

**Cuando usamos números con incertidumbre para calcular otros números, obviamente el resultado también es incierto.**

Siempre hay que redondear la respuesta final conservando solamente el número correcto de cifras significativas o, si hay duda, una más cuando mucho.

# Cifras significativas

**Regla 1:** Se cuentan de izquierda a derecha, a partir del primer dígito diferente de cero y hasta el último dígito (dudoso).

- a) 214      b) 81,60      c) 7,03      d) 0,03  
e) 0,00860      f) 3236      g) 8700

**Regla 2:** Al sumar o restar dos números decimales, el número de cifras decimales del resultado es igual al de la cantidad con el menor número de ellas.

$$27,153 + 138,2 - 11,74 = 153,6 \quad \text{y no } 153,613$$

**Regla 3:** Al multiplicar o dividir dos números, el número de cifras significativas del resultado es igual al del factor con menos cifras.

El área de un rectángulo de 4,5 cm por 3,25 cm, está reportada correctamente por

- a) 14,625 cm<sup>2</sup>; b) 14,63 cm<sup>2</sup>; c) 14,6 cm<sup>2</sup>; d) 15 cm<sup>2</sup> e) 14 cm<sup>2</sup>

# Cifras significativas

- Siempre redondee su respuesta final conservando sólo el número correcto de cifras significativas.

$$2,72 \times 4,3 = 11,696$$

- Redondee, no trunque.

12 y no 11 (debe tener 2 cifras significativas)

- Para los cálculos intermedios use más cifras significativas que las necesarias.
- La **notación científica** no permite ambigüedades en las cifras significativas

¿9500 tiene 4, 3 ó 2 cifras significativas?

$$9,5 \times 10^3$$

$$9,50 \times 10^3$$

$$9,500 \times 10^3$$

# Notación científica

Recurso matemático para simplificar cálculos y representar en forma concisa números muy grandes o muy pequeños.

Para hacerlo se usan **potencias de diez**.

La notación científica significa que un número (entre el 1 y el 10) es multiplicado por una potencia de base 10.

Hay tres partes para escribir un número en notación científica:

**Coficiente:** es cualquier número real (entre 1 y 10).

**Base:** la base decimal 10.

**Exponente:** la potencia a la que está elevada la base. Representa el número de veces que se desplaza la coma. Siempre es un número entero, positivo si se desplaza a la izquierda, negativo si se desplaza a la derecha.



**Distancia de la Tierra al sol en metros en notación científica**

$1,496 \times 10^{11}$

**Coficiente**      **Base**      **Exponente**

**149.600.000.000 m**

**Número de Avogadro:** cantidad de partículas que hay en un mol de sustancias. Es igual a:  
602.200.000.000.000.000.000  
¡seiscientos dos mil doscientos trillones!

En notación científica este número se escribe como:  $6,022 \times 10^{23}$ .

**Carga eléctrica elemental:** tanto el protón como el electrón tienen carga cuyo valor es: 0,0000000000000000001602 coulombs.

En notación científica este número se escribe como:  $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$

## Ejemplos de cifras significativas

1) ¿Cuántas cifras significativas tiene el número 0,003270?

- a) 5                      b) 7                      **c) 4**                      d) 6                      e) 3

2)  $12,23 + 121,418 + 300,1 + 0,12 = 433,868$

¿Cuál es el resultado correcto de la operación si tenemos en cuenta las reglas de las cifras significativas?

- a) 433,86    b) 433,87    c) 433,868    d) 434    **e) 433,9**    f) 433,8

3)  $7,23 \times 0,7700 \times 28 = 155,8788$

¿Cuál es el resultado correcto de la operación teniendo en cuenta las cifras significativas?

- a)  $1,5 \times 10^2$                       b) 155,8788                      c)  $1,55 \times 10^2$                       **d)  $1,6 \times 10^2$**   
e) 155,9                      f)  $1,56 \times 10^2$                       g) 155,8

## Estimaciones: cálculos aproximados y de orden de magnitud

Obtener una respuesta exacta de un cálculo es con frecuencia difícil o imposible.

Las estimaciones producen cálculos aproximados eficaces, que permiten establecer si es necesario un cálculo más preciso y además sirve como verificación de cálculos exactos.

A veces sabemos cómo calcular cierta cantidad, pero tenemos que estimar los datos necesarios para el cálculo; o bien, el cálculo puede ser demasiado complicado para efectuarse con exactitud, por lo que lo aproximamos.

En ambos casos, nuestro resultado es una estimación, que aún sería útil si tiene un factor de incertidumbre de 2, 10 o más.

Estos cálculos se denominan **estimaciones de orden de magnitud**.

El físico nuclear **Enrico Fermi** (1901-1954) los llamaba “cálculos aproximados” y habitualmente se conocen como problemas de Fermi.



## **Estimaciones:** cálculos aproximados y de orden de magnitud

En estos cálculos se suele redondear un número hasta la potencia de 10 más próxima, es lo que se llama **orden de magnitud**.

Ejemplo: altura de hormiga p.ej. 0,8 mm ó, aprox.  $10^{-3}$  m (orden de magnitud  $10^{-3}$  m).

Altura de personas entre 1,5 a 2,0 m, el orden de magnitud de  $h \sim 10^0$  m,  
**El símbolo  $\sim$  significa “es del orden de magnitud de”.**

Esto no quiere decir que la altura típica de una persona sea realmente de 1 m, sino que está más próxima a 1 m que a 10 m ó  $10^{-1} = 0,1$  m.

Podemos decir que una persona típica es tres órdenes de magnitud más grande que una hormiga típica (cociente entre las alturas es, aproximadamente, igual a  $10^3$ ).

Un orden de magnitud no proporciona cifras que se conozcan con precisión; es decir, debemos considerar que no tiene cifras significativas.

En muchos casos, el orden de magnitud de una cantidad puede estimarse mediante hipótesis razonables y cálculos simples.

## Ejemplo: Ejercicio 1.8

Estime cuántos átomos hay en su cuerpo. (*Sugerencia: Con base en sus conocimientos de biología y química, ¿cuáles son los tipos de átomos más comunes en su cuerpo? ¿Qué masa tiene cada tipo? Encuentre la masa atómica de los os elementos para el cálculo*)

Composición de elementos en % de masa del cuerpo humano y masa atómica de cada elemento en u (unidad de masa atómica),  $1 \text{ u} = 1,61 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Elemento:	O	C	H	N	Ca	P	K	S	Na	Cl	Mg
masa atómica en u	15.999	12.011	1.00784	14.0057	40.078	30.9738	39.098	32.065	22.9898	35.453	24.305
% en masa	65	18.5	9.5	3.2	1.5	1	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1
N° átomos	1.7715E+27	6.72E+26	4.1101E+27	9.96E+25	1.63E+25	1.41E+25	4.46E+24	4.08E+24	3.79E+24	2.46E+24	1.79E+24

El número de átomos de c/u de los elementos lo podemos calcular:

$$\text{Nro. átomos} = \text{masa persona} \times \% \text{ masa del elemento} / (\text{u} \times \text{masa atómica})$$

Sumo los átomos de c/u de los elementos y obtengo:

$$6,70 \times 10^{27} \text{ átomos} \sim 10^{28} \text{ átomos}$$

Serían:  $7 \times 10^{27} \text{ átomos} \sim 10^{28} \text{ átomos}$

## Ejemplo: Ejercicio 1.8

Veamos algo más fácil...

Puedo suponer que el ser humano está compuesto por 100% de agua (H<sub>2</sub>O).

La masa de una molécula de agua vale:

$$18 \text{ g/mol} = 18 \times 10^{-3} \text{ kg} / (6,022 \times 10^{23} \text{ moléculas/mol}) = 2,99 \times 10^{-23} \text{ kg}$$

Por tanto si la masa de la persona es de 70 kg, entonces el número de átomos será:

$$\frac{70 \text{ kg}}{2,99 \times 10^{-23} \text{ kg/molécula}} \times \frac{3 \text{ átomos}}{\text{molécula}} = 7,02 \times 10^{27} \text{ átomos}$$

Serían:  $7 \times 10^{27}$  átomos  $\sim 10^{28}$  átomos

**Obtengo el mismo orden de magnitud:  $10^{28}$  !!!**

Se estima que el nro. de átomos en el universo observable oscila entre  $10^{78}$  y  $10^{82}$ .

El número de átomos de la Tierra es de  $10^{50}$