

MAGNITUDES Y UNIDADES. MEDIDAS Y ERRORES

1- LA FÍSICA. CONCEPTO DE MAGNITUD. SUS TIPOS.

La **FÍSICA** es *la ciencia que estudia los fenómenos físicos mediante la observación y la experimentación con el fin de interpretarlos dando forma matemática a las leyes que los rigen.*

MAGNITUD es *todo aquello que se puede medir.*

UNIDAD es *una cantidad cuyo valor se ha tomado arbitrariamente como patrón para compararla con las demás cantidades de esa magnitud.*

TIPOS DE MAGNITUDES.

MAGNITUDES FUNDAMENTALES son *aquellas de las que pueden deducirse todas las demás. Se toman arbitrariamente aunque en la mecánica se suelen tomar la **longitud**, la **masa** y el **tiempo**.*

MAGNITUDES DERIVADAS son *aquellas magnitudes que pueden definirse a partir de las magnitudes fundamentales.* Son todas las demás

Si tenemos en cuenta las características que son necesarias para definir correctamente una magnitud, éstas se clasifican en:

MAGNITUDES ESCALARES son *aquellas que quedan determinadas por el número que nos expresa su medida y la unidad correspondiente*, es decir, que para definir las es suficiente con un número y la unidad correspondiente: *masa, tiempo*, etc. Estas magnitudes nunca pueden ser negativas.

MAGNITUDES VECTORIALES: son *aquellas que para determinarlas necesitamos, además de su medida (número y unidad) la dirección y el sentido de la misma: fuerza, velocidad, distancia*, etc.

La **dirección** es *la línea sobre la que se apoya.* En el caso de la velocidad de un coche que circula por la carretera Madrid-Coruña, la dirección de la velocidad será la carretera.

El **sentido** nos indica *hacia qué parte se dirige esa magnitud.* En el caso del coche del ejemplo anterior, el sentido de la velocidad puede ser hacia La Coruña o bien hacia Madrid. Es decir, en una misma dirección, cada magnitud puede tener dos sentidos.

En general para las magnitudes vectoriales se ha de definir un sentido que se tomará siempre como positivo. Así, todas las magnitudes vectoriales que intervengan en ese proceso y que tengan el mismo sentido, llevarán signo "+", mientras que se les debe colocar el signo "-" a todas aquellas magnitudes que tengan sentido contrario.

Así, por ejemplo si nos colocamos en la carretera N-VI y tomamos como positivo el sentido "hacia La Coruña", un coche que circule a 100 Km/h hacia Ponferrada, llevará una velocidad de +100 Km/h, mientras que si circula hacia La Bañeza, su velocidad será de -100 Km/h, pues va en sentido contrario al que hemos tomado como positivo. Asimismo, la distancia de Astorga a esas dos ciudades será: +60 Km a Ponferrada y -22 Km a La Bañeza.

2- SISTEMAS DE UNIDADES

Un **SISTEMA DE UNIDADES** es el conjunto de éstas que resulta de escoger unas determinadas magnitudes fundamentales.

El más utilizado es el **SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (S. I.)** en el cual se toman como unidades fundamentales el **kilogramo** para la masa, el **metro** para la longitud y el **segundo** para el tiempo.

El **METRO** se toma como la distancia, a 0°C entre dos trazos existentes en una barra de platino e iridio que se conserva en el Museo de Pesas y Medidas de Sevres (París). Actualmente se define como "1.650763,73 longitudes de onda, en el vacío, de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles $2p_{10}$ y $2d_5$ del átomo de Kriptón-86. O bien, se define también como la distancia recorrida en el vacío por las ondas electromagnéticas planas durante un tiempo de 1/229.729.458 de segundo.

El **KILOGRAMO** es la masa de un cilindro de platino e iridio que se conserva en el Museo de Pesas y Medidas de

Sevres. Es muy aproximadamente igual a la masa de un litro de agua destilada a 4°C.

El **SEGUNDO** definido inicialmente como 1/86400 del día solar medio. Aunque actualmente se han adoptado algunas definiciones de tipo atómico, como es, por ejemplo: "La duración de 9.192.631.770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado fundamental del cesio-133 .

Existe otro sistema de unidades también muy utilizado, que es el **sistema cegesimal**, en el cual se toman como unidades fundamentales el **CENTÍMETRO** para la longitud, el **GRAMO** para la masa y el **SEGUNDO** para el tiempo.

Los sistemas técnicos de unidades son aquellos que toman como unidades fundamentales las de longitud, fuerza y tiempo. De ellos el más conocido es el Sistema Técnico Terrestre, cuyas unidades fundamentales son **METRO**, para la longitud, **KILOGRAMO O KILOPONDIO** para la fuerza y **SEGUNDO** para el tiempo. Es importante resaltar que el Kilogramo fuerza del sistema técnico terrestre) es la fuerza con la que la tierra atrae a una masa de 1 Kilogramo (unidad del Sistema Internacional), es decir, su peso. Por tanto cuando nos indiquen que un cuerpo "pesa" 1 Kg estamos hablando en el Sistema Técnico Terrestre, mientras que si nos dicen que un cuerpo tiene una masa de 1 Kg, se trataría del mismo cuerpo anterior, pero ahora estamos hablando en el Sistema Internacional.

SISTEMA MÉTRICO DECIMAL

No es en realidad un sistema de unidades, sino que lo forman los múltiplos y submúltiplos de las unidades fundamentales obtenidos al aplicarle las sucesivas potencias de "diez". Los múltiplos y submúltiplos más utilizados son:

MÚLTIPLOS			submúltiplos		
TERA	T	10 ¹² unidades	pico	p	10 ⁻¹² unidades
GIGA	G	10 ⁹ unidades	nano	n	10 ⁻⁹ unidades
MEGA	M	10 ⁶ unidades	micro	μ	10 ⁻⁶ unidades
KILO	K	10 ³ unidades	mili	m	10 ⁻³ unidades
HECTO	H	10 ² unidades	centi	c	10 ⁻² unidades
DECA	D	10 ¹ unidades	deci	d	10 ⁻¹ unidades

Otras unidades

Hay otras unidades que, aunque no pertenecen al Sistema Internacional ni son múltiplos o submúltiplos de las de este sistema, se utilizan con mucha frecuencia en la vida ordinaria. De entre ellas destacaremos tres:

ÁREA (a), que es la superficie de un cuadrado de 10 metros de lado, por lo que equivale a 100 metros cuadrados.

De acuerdo con el sistema métrico, se establecen un múltiplo y un submúltiplo:

- la **HECTÁREA (Ha)**, que son 100 áreas. Es la superficie de un cuadrado de 100 metros de lado por lo que equivale a 10.000 metros cuadrados.
- la **CENTIÁREA (ca)**, que es la centésima parte del área, y que equivale al metro cuadrado.

LITRO (l), que equivale al decímetro cúbico, por lo que la unidad de volumen del sistema internacional, que es el metro cúbico tiene 1000 litros.

TONELADA MÉTRICA (Tm), que equivale a 1000 Kg.

3- CAMBIOS DE UNIDADES

Todas las fórmulas matemáticas que explican los fenómenos físicos solamente pueden aplicarse cuando las unidades de las diferentes magnitudes que aparecen en ellas están expresadas en unidades pertenecientes a un mismo sistema. Por ello se hace necesario en muchas ocasiones transformar las unidades en que venga dada una magnitud determinada en otras. Así, por ejemplo, si en un problema de movimiento aparece una distancia expresada en metros y la velocidad del móvil en Km/h, es necesario transformar las unidades de esta velocidad en m/s.

Para ello, se escribe la unidad que nos dan y se sustituyen en ella cada una de sus partes por las equivalentes del sistema elegido, y se simplifican las expresiones matemáticas obtenidas.

Ejemplo:

Si nos indican que la velocidad de un vehículo es de 87 Km/h, hemos de transformar el Km en metros (1 Km = 1000 m) y la hora en segundos (1 hora = 3600 s); así:

$$87 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 87 \frac{1000\text{m}}{3600\text{s}} = \frac{87000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 24,17 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Y si, por ejemplo, nos dicen que la densidad de un objeto es 9 g/cm³, hemos de transformar las unidades y pasar el gramo a Kilogramos y el cm³ a m³, y para ello hemos de sustituir el gramo por su equivalente expresado en Kg: si 1 Kg = 1000 g ==> 1 g = 1/1000 Kg, y el cm³ por su equivalente en m³:

si 1 m = 100 cm ==> 1 m³ = (100 cm)³ = 1000000 cm³ ==> 1 cm³ = 1/1000000 m³; así:

$$9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 9 \frac{\frac{1}{1000} \text{Kg}}{\frac{1}{1000000} \text{m}^3} = 9 \frac{1}{1} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 9 \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 9000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

MAGNITUDES Y UNIDADES FUNDAMENTALES DEL S. I.

Magnitud	Unidad	Símbolo de la unidad
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	Kg
Tiempo	segundo	s
Temperatura	grado kelvin	°K
Corriente eléctrica	amperio	A
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd

4- EXPRESIONES DE LAS MEDIDAS

La descripción cuantitativa de cualquier proceso físico se expresa mediante una medida

MEDIR una magnitud es compararla con otra de la misma naturaleza que se ha tomado arbitrariamente como "unidad".

Una **MEDIDA es la operación o conjunto de operaciones que nos permiten determinar el valor de una magnitud física.**

El resultado de cualquier medida está formado por dos partes:

- una **cantidad** que nos indica el número de veces que la magnitud medida contiene a la que se tomó como unidad,

y por

- una **unidad** que nos indica la magnitud con la que se comparó (unidad)

Ejemplo: 30 metros: la longitud medida contenía 30 veces a la tomada como unidad, el metro.

Las medidas que se realicen pueden ser de dos tipos:

- Medidas directas:** si se obtienen por comparación con su unidad. Ej.: medir la longitud con una regla, medir una masa con una balanza, etc
- Medidas indirectas,** mucho más frecuentes, son las que se realizan por combinación de medidas directas: ej.: medir la velocidad contabilizando el tiempo y espacio recorrido

USO DE LAS POTENCIAS DE DIEZ

En Física se utilizan con frecuencia números muy grandes o muy pequeños, difíciles de manejar en operaciones, pero que se simplifican bastante utilizando potencias de 10, con exponentes positivos o negativos,

según corresponda.

El uso de estas potencias de 10 nos da idea del “orden de magnitud de una medida”. Se considera como orden de magnitud a la potencia de 10 (con exponente positivo o negativo) más próxima a la medida realizada o conocida; así, el orden de magnitud de 1050 es 10^3 ya que está más cerca de 1.000 que de 10.000, o el orden de magnitud de 0,0088, que es $8,8 \cdot 10^{-3}$ es 10^{-2} ya que está más cerca de $10^{-2} = 0,01$, que de $10^{-3} = 0,001$.

CIFRAS SIGNIFICATIVAS. PRECISIÓN DE LAS MEDIDAS.

La precisión en las medidas físicas tiene diferentes matices según las circunstancias en que se aplique, aunque en la mayoría de las ocasiones se refiere a la veracidad de una medida. En cualquier instrumento de medida, la precisión coincide con la mitad de la división más pequeña de la escala, si puede ser apreciada

La precisión de las medidas se encuentra en el número de *cifras significativas*, que es el conjunto de cifras exactas y de la primera cifra dudosa.

OPERACIONES CON CIFRAS SIGNIFICATIVAS

Las medidas que efectuamos tienen siempre sus limitaciones, es conveniente que tengamos, presente algunas reglas prácticas cuando operamos con ellas.

Supongamos que realizamos las siguientes pesadas: 24,8 g, 24,85 g y 2,485 g,
 $24,8 + 24,85 + 2,485 = 52,135$ g

Las dos últimas cifras de la suma anterior son desconocidas, ya que lo son en el primer sumando. En este caso debemos operar redondeando nuestras medidas a las décimas:

$$24,8 + 24,8 + 2,5 = 52,1 \text{ g}$$

En la adición y sustracción el número de cifras se limitará hasta la primera columna que contenga una cifra dudosa.

En general es sencillo redondear los números a la cifra más próxima. Existe un problema. Por ejemplo, redondear 3.75 lo podemos hacer escribiendo indistintamente 3,7 o 3,8. La regla más general para redondear un cinco es hacerlo al número par más próximo, en el ejemplo anterior debemos redondear a 3,8 y no 3,7. En el caso de 3,45 lo debemos hacer a 3,4 y no 3,5.

En la multiplicación y la división el resultado se expresará con tantas cifras significativas, como tenga la medida afectada del menor número de cifras significativas. Supongamos, por ejemplo, que calculamos el área de un rectángulo cuyas dimensiones son 20,65 cm y 4,62 cm. Uno de los datos sólo tiene tres cifras significativas, el resultado no debe tener más de tres dígitos:

$$20,65 \cdot 4,62 = 95,403 \text{ cm}^2 ; \text{ El resultado lo debemos escribir: } 95,4 \text{ cm}^2 .$$

5 - ERRORES

El **VALOR VERDADERO DE UNA MEDIDA O VALOR PROMEDIO** es la media aritmética entre todos los valores correspondientes a esa medida.

Cuando se calcula ese valor promedio, que se toma como valor verdadero, resulta que las diferentes medidas efectuadas son diferentes a ese valor. **El ERROR ABSOLUTO es la diferencia entre cada medida y el valor promedio o verdadero.**

El error absoluto no indica la precisión de la medida, pues, por ejemplo, si se mide la longitud de una mesa de 1,50 m y se obtiene 1,51, el error absoluto es de 1 cm en esos 150 cm, pero si se mide el espesor de un libro de 2 cm y se obtiene 2,5 cm, el error es de 0,5 cm, pero aunque sea menor que el anterior, la medida es mucho menos precisa, ya que hay un error de 0,5 cm en 2.

Por ello es necesario definir el **ERROR RELATIVO**, que es el cociente entre el error absoluto y el valor real de la medida, y que para los ejemplos anteriores son: $1/150 = 0,0066$ y $0,5/2 = 0,25$, es decir que el error es mucho mayor en el segundo caso que en el primero.

CAUSAS DE ERROR EN LAS MEDIDAS

Cuando se realiza una medida, siempre se cometen imprecisiones: los errores, que se deben a múltiples causas, aunque pueden clasificarse en tres grupos:

Debidas al instrumento utilizado. -, y que dependen de la sensibilidad del aparato. Por ejemplo, reglas con idénticas escalas pueden tener divisiones más cuidadosas que otras. Las reglas de marfil o de acero tienen divisiones realizadas con estiletos y son más precisas que las reglas de madera o de plástico que llevan las divisiones a tinta. Los instrumentos utilizados pueden estropearse con el tiempo. La temperatura afecta de forma muy general, a las escalas de los instrumentos de medida.

Debidas al observador. - Las medidas efectuadas por los observadores no siempre son correctas, a causa de las propias características personales. El *error de paralaje*, debido a que la visual no se dirige correctamente según un plano normal en el que se encuentren alineados la pupila del ojo, el extremo de la magnitud a medir o del índice y la división de la escala, origina lecturas erróneas por defecto o por exceso.

Imprecisiones accidentales, las cuales se deben a múltiples causas que intervienen en el proceso de medida: luminosidad, cambios en las condiciones ambientales, etc. Estas imprecisiones no pueden evitarse pues dependen de las condiciones del momento en que se realiza la medida, aunque su efecto se palió realizando varias veces dicha medida y tomando el valor medio de la misma. No obstante, en ocasiones se obtienen valores de las medidas que están fuera de lógica, debido la mayor parte de las veces a que todas las causas de imprecisión se desvían en un mismo sentido; es estos casos se despreciará dicha medida.

PROBLEMAS Y EJERCICIOS SOBRE CAMBIOS DE UNIDADES Y ERRORES

- Indique cuales de las siguientes propiedades son magnitudes físicas y cuales no, razonando la contestación: Masa, Intensidad de corriente eléctrica, Inteligencia, Virtud, presión, fuerza y belleza.
- En la siguiente relación, indica qué magnitudes son vectoriales y cuales son escalares, razonando la contestación: Peso, masa, fuerza, velocidad, potencia, temperatura y aceleración
- Expresar en unidades del Sistema Internacional las siguientes medidas: a) 36 Km/h ; b) 1,2 g/cm³ ; c) 23 g.cm/s² ; d) 2,5 g.m²/min² ; e) 0,2 Kg/Ha
- Ordena los siguientes móviles según un orden creciente de velocidad: a) 54 Km/h ; b) 18 m/s ; c) 200 cm/min ; d) 17000 mm/h.
- Ordena en orden creciente las siguientes velocidades: a) 34 m/s ; b) 48 Km/h ; c) 1500 cm/s ; d) 360 m/min.
- Tenemos dos móviles que están animados de un movimiento uniformemente acelerado, con unas aceleraciones respectivas de 720 Km/h² y de 5 m/s². ¿Cual tiene mayor aceleración?
- Calcula la equivalencia entre las unidades de densidad: Kg/m³ y g/cm³
- Expresa en m y en cm las siguientes longitudes: a) 500 Hectómetros; b) 200 micrómetros; c) 20 Decámetros; d) 30 Megámetros
- Expresa en forma de potencias de 10 y en la unidad que se indican, las siguientes magnitudes: a) La superficie de una finca de 3 Km², en cm². b) Un volumen de 4 litros, en mm³. c) Una masa de 6 Kg, en Toneladas métricas.
- Un agricultor quiere tratar una finca de 3 Ha con un producto fitosanitario. Al consultar el catálogo encuentra dos productos que le pueden servir, y para escoger el más barato lee las instrucciones, que dicen:
Producto A: Precio 350 Pts/Kg; Dosificación: 10,0 g/m²
Producto B: Precio 30 Pts/g; Dosificación: 2,0 Kg/Ha
 ¿De cual de los dos necesitará menor cantidad? ¿Cual de los dos le resultará más barato?
- Un artesano dispone de varios productos para fabricar objetos destinados a adornos de las peceras, y debe escoger unos para construir objetos que deben flotar en el agua, y otros para objetos que deben estar sumergidos. De ellos conoce su densidad que, según los catálogos es:
 a) 1,07 g/cm³ ; b) 0,32 Kg/cm³ ; c) 18000 g/m³ ; d) 850 Kg/m³ ; e) 0,90 Kg/dm³ ; f) 1100 g/litro.
 Si la densidad del agua en unidades del Sistema Internacional es 1000 Kg/m³, y sabiendo que flotan aquellos materiales cuya densidad sea menor que la del agua, indique qué materiales debe emplear para que floten u cuales para que permanezcan hundidos.
- En un taller se pretende fabricar un objeto que debe soportar una presión de 800000 Kg/m.s².. Para elegir aquel que resulte más barato y que soporte esa presión se consulta el catálogo de tres materiales, que dice:
Producto A: Precio 250 Pts/Kg; Presión que soporta: 0,02 Kg.m/min².cm²
Producto B: Precio 20 Pts/g ; Presión que soporta: 8,5 g.cm/s².mm²
Producto C: Precio 700 Pts/Kg; Presión que soporta: 2916 Tm.Km/min².m²

¿Cual de los tres resultará más barato?

13. Si te dicen que en ciertos casos la aceleración de un móvil se calcula por medio de la expresión : $a = v^2/r$, donde "v" es una velocidad y "r" el radio (una longitud), ¿Es correcto?. Razona la contestación
14. Expresa los calores específicos de los tres estados del agua en unidades del sistema internacional, si sus valores son: Hielo= 0,5 cal/g.°C ; Agua líquida = 1 cal/g.°C y Vapor de agua = 0,25 cal/g.°C.
15. La masa de un protón es 10^{-24} g y su volumen es de 10^{-29} cm³. Calcule la densidad de dicha partícula, expresándola en unidades del sistema internacional.
16. Expresa la velocidad de la luz (300.000 Km/s) en Km/h, m/h, cm/s y mm/s, Utiliza potencias de diez.
17. Escribir en notación científica, suponiendo que los ceros no son cifras significativas: :
 - a) Radio del Sol: 700.000.000 m.
 - b) Espesor de una capa de aceite = 0.000.000.005 m. (Resp.: $7 \cdot 10^8$ m y $5 \cdot 10^9$ m.)
18. Resuelve las siguientes operaciones, utilizando debidamente el número de cifras significativas:
 - a) $\frac{2,9 \cdot 10^3}{1,5 \cdot 10^5}$;; B) $43,8 - 21,450 =$ (Resp.: $1,9 \cdot 10^2$; 22,4.)
19. En la bolsa de un niño hay 22 bolas de 2,15 cm³ cada una, ¿cuál es el volumen total de todas las bolas, con sus cifras significativas? (Resp.: 47,30 cm³)
20. Sumar 3,25 m, 2,128 m y 0,03 m. Expresar el resultado con todas las cifras significativas. (Resp.: 5,41 m).
21. Si tomamos para g el valor de 9,75 m/s² en lugar de 9,80 m/s² . ¿Qué error absoluto y relativo se comete? (Resp.: 0,05; 0,5 %)
22. El espesor de una lámina se mide con un palmer. El pasó de rosca es de 0,5 mm y la cabeza del tornillo está dividida en 50 partes. Se dieron 5 vueltas completas y la cabeza del tornillo, además, giró 34 divisiones. ¿Qué espesor se ha medido? (Resp.: 2,94 mm).
23. En un modelo para el sistema solar se elige una pelota de 10 cm de radio para representar al sol. Si el radio del sol es $6,9 \cdot 10^8$ m y el de la tierra es de 6400 Km. ¿Qué radio debe tener la pelota que represente a la tierra? (Resp: 0,09 cm)
24. La masa de un protón es 10^{-24} g y su volumen es de 10^{-29} cm³. ¿Cual es la densidad del protón en unidades del Sistema Internacional?
25. La longitud de onda de una determinada radiación es de 10^{-7} m Exprésela en micrometros y en nanometros
26. El equipo de cronometradores de una prueba de 1500 m lisos dió para el ganador los siguientes tiempos: $t_1 = 3'46,60''$; $t_2 = 3'46,20''$; $t_3 = 3'45,45''$; $t_4 = 3'46,50''$. ¿Qué tiempo debe adjudicarse al ganador? ¿Qué error absoluto y relativo comete el tercer cronometrador? (Resp: 3'46,19'' ; $E_{ABS} = - 0,74$ s ; $E_{REL} = 3,27 \cdot 10^{-3}$)
27. Si se toma como valor de la aceleración de la gravedad $g = 10$ m/s² en lugar de su valor real $g = 9,81$ m/s² , ¿Qué error relativo se comete? Expréselo en %.
28. Hemos pesado 5 veces un cuerpo y hemos obtenido los siguientes valores: 12,2514 g ; 12,2517 g ; 12,2515 g y 12,2516 g . Determine el error absoluto cometido en cada medición y el error relativo.
29. Si se toma como valor para el Número de Avogadro $6 \cdot 10^{23}$ en lugar de $6,023 \cdot 10^{23}$, ¿Qué error absoluto y relativo cometemos?