

## UNIDAD DIDÁCTICA 1

### LA MEDIDA: MAGNITUDES Y UNIDADES

#### 1.- EL MÉTODO CIENTÍFICO

##### ¿QUÉ TENEMOS QUE APRENDER?

- El concepto de ciencia.
- La herramienta de trabajo más importante que poseen los científicos al investigar: el método científico.
- Las fases en las que se divide el “método científico”.
- El concepto de hipótesis.
- A formular hipótesis asociadas a una observación científica.
- Los conceptos de variable independiente y variable dependiente.
- Los conceptos de ley y de teoría.

La **ciencia** es una permanente investigación que trata de describir hechos o explicar fenómenos y establecer relaciones entre ellos.

La **actividad científica** consiste en descubrir las leyes que rigen la naturaleza mediante un procedimiento válido y fiable que recibe el nombre de **método científico**. Aunque para estudiar un determinado fenómeno no existe un único método científico posible, si podemos diferenciar unas etapas que son comunes a cualquier investigación científica:

1. Observación.
2. Planteamiento de hipótesis.
3. Comprobación experimental de las hipótesis propuestas
4. Análisis de los resultados experimentales
5. Formulación de leyes y teorías

##### 1. LA OBSERVACIÓN

La observación de hechos o fenómenos se suele considerar como la primera etapa del método científico. Los científicos han desarrollado instrumentos con los que podemos percibir la realidad con mayor detalle de lo que nuestros sentidos nos permiten.

Para descubrir algo, nuestras observaciones deben ser lo más cuidadosas, exhaustivas y exactas posible.

La siguiente etapa tras la observación de un hecho o un fenómeno es el planteamiento del problema y la elaboración de hipótesis.

##### 2. EL PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

Una **hipótesis** es una idea o conjetura que se propone como punto de partida para explicar por qué se produce o cómo se produce determinado hecho o conjunto de hechos. Debe sustentarse en el conocimiento disponible sobre los hechos y admitir la posibilidad de ser comprobada experimentalmente.

Para ser válida, la hipótesis científica debe cumplir estas condiciones:

- 1º Ha de referirse a una situación real.
- 2º Debe formularse de manera precisa y mediante variables concretas. La relación entre las variables debe ser observable y medible.

## □ EJEMPLO:

### • OBSERVACIÓN DE UN HECHO

El azúcar se disuelve en el agua. Sabemos que la solubilidad de una sustancia en un disolvente y a una cierta temperatura es la máxima cantidad de esa sustancia, en gramos, que podemos disolver en 100 gramos de disolvente a esa temperatura.

### DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo afecta la temperatura a la solubilidad del azúcar en el agua?

### PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

Al aumentar la temperatura, aumenta la solubilidad del azúcar en agua.

## 3. LA COMPROBACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS HIPÓTESIS PROPUESTAS.

Para saber si una hipótesis es acertada debemos contrastarla con experimentos. **Experimentar** es **repetir la observación de un hecho o un fenómeno en condiciones controladas y, en ocasiones, tan especiales que no se dan en la naturaleza**. El tener controladas las condiciones permitirá ir comprobando la influencia de los diferentes factores que intervienen en el fenómeno.

Para que un experimento sea correcto han de mantenerse constantes todas las variables excepto aquella que se pretende comprobar. A esta **variable cuyo valor se va modificando de forma controlada** se la llama "**variable independiente**". Para cada uno de los valores de la variable independiente se van encontrando valores correspondientes a la **variable que se está estudiando**, a esta variable se la llama "**variable dependiente**".

## □ EJEMPLOS:

- En el estudio de la variación de la solubilidad del azúcar en agua con la temperatura, iremos modificando de forma controlada el valor de la temperatura (variable independiente) y con ello la solubilidad va alcanzando diferentes valores (la solubilidad es la variable dependiente).

## 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

En esta fase se recopilan todos los datos obtenidos y se determina la influencia real de las diversas variables que actúan sobre el fenómeno observado. Esta labor se facilita mediante la elaboración de **tablas numéricas, representaciones gráficas**, etc. que permiten la deducción de ecuaciones matemáticas que establecen la relación que existe entre los diferentes factores que intervienen en el fenómeno.

Las representaciones gráficas sugieren la relación que guardan las variables entre sí. Por tanto debemos aprender a interpretarlas, para hacer deducciones a partir de ellas o para resolver algún problema.

## 5. FORMULACIÓN DE LEYES Y TEORÍAS

El análisis de los resultados de un experimento nos permite describir, mediante una expresión matemática, la relación que existe entre las variables. Esta expresión matemática constituye una ley científica.

Una **ley científica** es una **conclusión realizada a partir de una hipótesis que ha sido comprobada y verificada mediante la experimentación y que tiene validez para todos los hechos o fenómenos que abarca**.

*Así, la ley de la gravitación universal es válida para todo el universo y justifica el movimiento de las estrellas, los cometas, los planetas, los satélites, la caída de los cuerpos, las mareas...*

Las leyes las podemos expresar mediante **una ecuación** ( $F = m \cdot a$ ), **un enunciado** ("La energía de un sistema cerrado se mantiene constante") o **una expresión funcional** ("A temperatura constante, el volumen ocupado por una determinada masa de gas es inversamente proporcional a la presión).

Una **teoría científica** engloba a un conjunto de leyes deducidas con anterioridad, explican dichas leyes y aportan una descripción del comportamiento físico de la naturaleza y de los motivos de tal comportamiento. Deben ser explicaciones de la realidad, no meros pronósticos de los fenómenos que van a ocurrir.

Para explicar las teorías con frecuencia se recurre a la utilización de modelos teóricos. Los **modelos** sirven para explicar los fenómenos de forma simplificada.

*Por ejemplo los modelos atómicos son representaciones que nos ayudan a imaginar cómo son los átomos en realidad.*

1.1. Cuando se colocan en dos fuegos de igual potencia dos cazos idénticos, uno con el doble de agua que el otro, ¿qué variable determina que, transcurrido cierto tiempo, la temperatura del agua contenida en ambos cazos sea diferente?

1.2. ¿Qué diferencia hay entre una ley y una hipótesis? ¿Y entre una ley y una teoría científica?

1.3. Cuando dejamos suelta una piedra en el aire, siempre cae hacia el suelo, siguiendo una trayectoria vertical. ¿Es una casualidad? ¿Cómo podrías demostrar que no lo es?

## **2.- PROPIEDADES DE LOS CUERPOS. MAGNITUDES Y UNIDADES**

### ***¿QUÉ TENEMOS QUE APRENDER?***

- A qué llamamos magnitud y a diferenciar las propiedades que son magnitudes de las que no lo son.
- Diferenciar las magnitudes vectoriales de las magnitudes escalares.
- El concepto de unidad de medida y las propiedades que deben de poseer las unidades de medida.
- Qué es medir.
- Las propiedades de todo aparato de medida: cota máxima, cota mínima, sensibilidad, exactitud y precisión.
- Ante un aparato de medida determinar los valores de las propiedades mencionadas.
- A qué llamamos cifras significativas y a distinguir las cifras significativas en una medida dada.

Llamamos **PROPIEDAD** de un cuerpo a toda aquella **cualidad del mismo que lo caracteriza**.

*Así, la masa del cuerpo, su longitud, su color, su dureza, su velocidad, su temperatura, su forma... son propiedades del mismo.*

Las propiedades de un cuerpo pueden permanecer siempre constantes o bien pueden ser variables.

Existen **propiedades de los cuerpos o sistemas cuyo valor lo podemos representar por un número con su unidad correspondiente**, es decir que se pueden cuantificar; a estas propiedades las llamamos **MAGNITUDES**.

*El peso, la velocidad o la temperatura son magnitudes porque les podemos asignar un número (tienen un valor), mientras que el color, la forma o el material del que está hecho un cuerpo son propiedades pero no son magnitudes, no se les puede asignar un valor.*

En física es muy importante distinguir entre magnitudes escalares y magnitudes vectoriales, ya que su significado físico y su tratamiento matemático no es el mismo.

Una **MAGNITUD ESCALAR** queda perfectamente definida **con un valor numérico y su correspondiente unidad**.

En una **MAGNITUD VECTORIAL** además del valor numérico y la unidad es necesario conocer la dirección y el sentido que tiene, así como el punto donde se aplica.

### **□ EJEMPLOS:**

- Son magnitudes escalares: la masa de un cuerpo, el volumen de un objeto, la temperatura de una sustancia, la concentración de una disolución...

- Son magnitudes vectoriales: la fuerza que se aplica a un cuerpo, la velocidad con que se mueve un móvil, la aceleración...

Las magnitudes vectoriales se representan mediante **vectores**, en los cuales el origen indica el **punto de aplicación** desde donde va a actuar la magnitud considerada, la longitud equivale al **módulo** o valor de la magnitud con su correspondiente unidad, la **dirección** del vector coincide con la dirección de actuación de la magnitud y el **sentido** de la misma queda determinado por la punta de flecha del vector.

Cuando asignamos un valor a una magnitud de un cuerpo lo hacemos siempre mediante un número y una unidad de medida.

Una **UNIDAD de medida** es una **cantidad determinada de una MAGNITUD que es INVARIABLE y que nos permite determinar cuántas veces está contenida en un objeto.**

*Así por ejemplo, el metro es un valor fijo e invariable de la magnitud denominada longitud, y nos permite conocer el número de veces que está contenida en un determinado objeto, o lo que es lo mismo, nos permite cuantificar la longitud de dicho objeto (darle un valor numérico).*

Al elegir **una unidad** de una magnitud ésta tiene que cumplir las siguientes características:

- ⇒ Que sea **CONSTANTE**: es decir que no varíe ni con el tiempo ni con el lugar donde nos encontremos.
- ⇒ Que sea **UNIVERSAL**: o lo que es lo mismo que sea utilizada por todos.
- ⇒ Que sea **FÁCIL DE REPRODUCIR**.

Precisamente lo que estamos haciendo al **AVERIGUAR** o **CALCULAR** el número de veces que una unidad de una determinada magnitud está contenida en un objeto lo llamamos medir dicha magnitud en ese objeto.

**MEDIR** es pues **COMPARAR el valor de una magnitud en un cuerpo con un valor fijo e invariable de esa magnitud que llamamos unidad.**

Para medir una determinada magnitud necesitamos contar con una unidad de esa magnitud y con un **INSTRUMENTO O APARATO DE MEDIDA.**

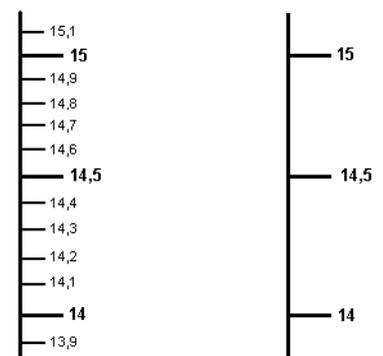
Siempre que vayamos a utilizar un aparato de medida, tenemos que seleccionar aquél que nos resulte más adecuado teniendo en cuenta el "tamaño" de la magnitud que vayamos a medir.

*Así no utilizaremos la misma balanza para determinar la masa de medicamento que se encuentra en una cápsula que para determinar la masa de la carga de cemento que lleva un camión.*

Al usar un aparato de medida nos fijaremos en los siguientes datos:

- \* **COTA MÁXIMA**: El valor máximo que puede medir.
- \* **COTA MÍNIMA**: El valor mínimo que puede medir.
- \* **SENSIBILIDAD**: Variación más pequeña de la magnitud que puede ser apreciada con dicho aparato.

*Imaginemos que tenemos dos instrumentos de medida de volúmenes (imagen de la derecha) de los cuales uno puede realizar medidas de  $0,1\text{cm}^3$  en  $0,1\text{cm}^3$  y el otro de  $0,5\text{cm}^3$  en  $0,5\text{cm}^3$ ; la sensibilidad del primero será de  $0,1\text{ cm}^3$  y la del segundo de  $0,5\text{cm}^3$ .*



- \* **EXACTITUD**: Para determinar la exactitud de un aparato de medida se mide con él una magnitud de valor conocido. El aparato es tanto más exacto cuando los valores medidos con él son tanto más cercanos al valor ya conocido.
- \* **PRECISIÓN**: Un aparato es tanto más preciso cuando repetidas medidas de la misma magnitud arrojan el mismo valor o valores muy próximos. Es decir, cuanto menor es la dispersión de los valores obtenidos mayor es la precisión.

Llamamos **CIFRAS SIGNIFICATIVAS** en una medida a aquellas que podemos determinar con el instrumento que hemos utilizado para medir.

*Si medimos la masa de un cuerpo con una balanza que tiene de sensibilidad 1g y luego con una balanza de sensibilidad 0,1g, en el primer caso no podemos dar la medida con decimales puesto que no podemos precisar ese valor con el aparato de medida (ejemplo de resultado: 65 g) mientras que en el segundo caso debemos dar el resultado con un decimal ya que conocemos la primera cifra decimal puesto que el aparato de medida la puede medir dada su sensibilidad (ejemplo de resultado: 65,0 g).*

En muchas ocasiones, al hacer un cálculo matemático, obtenemos en la calculadora muchas cifras decimales. En este caso hay que seleccionar el número de cifras decimales que debemos expresar en el resultado y hacer el oportuno redondeo:

Se tienen que desechar las cifras que estén a la derecha de la última cifra que consideremos significativa. Para ello utilizamos el redondeo:

El **redondeo** depende de la cifra siguiente a la última que se quiera mantener.

- Si la cifra siguiente a la última que queremos mantener es menor que 5, la última cifra la dejamos como estaba.

#### □ EJEMPLO:

Queremos mantener 3 cifras decimales (redondear a las milésimas) en el número 207,4683091. La tercera cifra (la última que queremos mantener, las milésimas) es 8; la siguiente cifra es un 3. Como el 3 es menor que 5, la última cifra que escribiremos queda como estaba, es decir 8. Es decir el número lo escribiremos: 207,468

- Si la cifra siguiente a la última que queremos mantener es 5 o mayor que 5, aumentamos en una unidad a la última cifra.

#### □ EJEMPLO:

Queremos mantener 2 cifras decimales (redondear a las centésimas) el número anterior (207,4683091). La segunda cifra (la última que queremos mantener, las centésimas) es el 6; la siguiente cifra es un 8. Como el 8 es mayor que 5, aumentaremos en una unidad a la última cifra que vamos a mantener, es decir el 6 lo convertimos en 7. Es decir el número lo escribiremos: 207,47

1.4. Escribe nombres de al menos seis magnitudes indicando si se trata de magnitudes vectoriales o escalares y nombra algunas unidades de dichas magnitudes

1.5. Indica cuál es la sensibilidad, la cota máxima y la cota mínima de un termómetro utilizado para la medida de la temperatura medioambiental y las de un termómetro clínico. Explícalo.

1.6. Responde a las siguientes cuestiones:

- a) ¿Qué diferencia hay entre la precisión y la exactitud de un instrumento de medida?
- b) ¿Puede un aparato ser muy preciso y poco exacto? Pon un ejemplo.
- c) Puede ser un aparato de medida ser muy exacto y poco preciso? Razónalo.

1.7. Escribe el valor del  $\sin 34^\circ$  y del  $\cos 58^\circ$  redondeado a las milésimas (tres cifras significativas).

### 3.- SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

#### ¿QUÉ TENEMOS QUE APRENDER?

- Qué es el Sistema Internacional de Unidades.
- Por qué es tan importante utilizar el S.I, de Unidades.
- A qué llamamos magnitudes fundamentales y cuáles son.
- A qué llamamos magnitudes derivadas.
- Cuáles son las unidades en el S.I, de las magnitudes fundamentales y sus símbolos.
- Qué son y cómo se determinan las ecuaciones de dimensiones.

El **SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (S.I.)** es un conjunto de 7 magnitudes con una unidad asignada a cada una, a partir de las cuales pueden definirse el resto de unidades existentes.

Las siete magnitudes seleccionadas por este sistema con sus unidades elegidas son:

MAGNITUD (DIMENSIÓN)	UNIDAD	SÍMBOLO DE LA UNIDAD
LONGITUD (L)	METRO	m
MASA (M)	KILOGRAMO	kg
TIEMPO (T)	SEGUNDO	s
TEMPERATURA TERMODINÁMICA ( $\Theta$ )	KELVIN	K
INTENSIDAD LUMINOSA (J)	CANDELA	cd
INTENSIDAD DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA (I)	AMPERIO	A
CANTIDAD DE MATERIA (N)	MOL	mol

A estas magnitudes se les da el nombre de **MAGNITUDES FUNDAMENTALES**.

Al resto de magnitudes las llamamos **MAGNITUDES DERIVADAS**. Las magnitudes derivadas las podemos definir utilizando en la definición las magnitudes fundamentales.

*Por ejemplo, la velocidad la podemos definir como la longitud recorrida por un objeto en movimiento en un tiempo determinado. La velocidad es por tanto una magnitud derivada de la longitud y del tiempo.*

Esto nos permite, una vez establecidas y definidas las unidades de las magnitudes fundamentales, definir también las unidades de las magnitudes derivadas.

*En el ejemplo anterior podemos deducir con facilidad cuál es la unidad de velocidad y además establecer su definición. Si hemos llegado a la conclusión de que la velocidad es la longitud recorrida en un tiempo determinado (longitud dividida por el tiempo) su unidad en el S.I. será la unidad de longitud dividida por la unidad de tiempo, es decir metro/segundo (m/s).*

El Sistema Internacional de Unidades ha permitido que prácticamente todo el mundo exprese sus medidas en las mismas unidades (las del S.I. o sus múltiplos o divisores), lo que facilita enormemente la transmisión de datos y la coordinación entre científicos.

A lo largo del curso iremos estudiando muchas y diversas magnitudes derivadas; en todas ellas utilizaremos como unidad de medida la correspondiente al S.I., la cual se deduce a partir de las unidades de las magnitudes fundamentales de las que deriva dicha magnitud. En el caso de que la unidad de medida establecida en el S.I. sea muy grande en comparación con lo que queremos medir utilizaremos un divisor de la misma; en el caso de que la unidad del S.I. resulte muy pequeña utilizaremos un múltiplo.

1.8. ¿Por qué crees que es importante el Sistema Internacional de Unidades?

1.9. ¿Cuántas magnitudes fundamentales existen? Cita las unidades del S.I. de ellas.

## 4.- MEDIDA Y ERROR

### ¿QUÉ TENEMOS QUE APRENDER?

- Qué es el Valor medio de una magnitud y cómo se calcula.
- A qué llamamos error absoluto y error relativo de una medida y cómo se calcula.

Al realizar sucesivas medidas de una misma magnitud de un determinado objeto con aparatos corrientes es frecuente obtener un conjunto de valores con pequeñas diferencias entre ellos. ¿Cuál será el valor real de la medida en estos casos?

Llamaremos **valor real o VALOR MEDIO (m)** de un conjunto de medidas a la **media aritmética de las medidas realizadas, o sea, a la suma de todas las medidas dividida por el número de las mismas.**

Es importante, al calcular el valor de una magnitud, realizar un número suficiente de medidas, para que de este modo nos acerquemos con mayor precisión al valor verdadero de la misma.

También nos tenemos que fijar en la sensibilidad del aparato con el que se han realizado todas esas medidas: en la solución final o valor medio no pueden aparecer más cifras que las que puede medir el aparato, es decir, tenemos que dar una solución en la que sólo aparezcan las cifras significativas que puede proporcionar el aparato de medida.

Fíjate en que cada medida puede ser diferente del valor real obtenido. Habrá por consiguiente medidas en las que cometeremos errores.

Estos errores pueden ser debidos al mal estado del aparato de medida o a que no se utiliza correctamente; son los más fáciles de evitar si se mantiene el aparato en buen estado de conservación y si se aprende a utilizarlo correctamente. Los que son más difíciles de evitar son los debidos a las pequeñas imprecisiones que podemos cometer al realizar las medidas, por ello cuantas más medidas realicemos más preciso será el resultado al calcular el valor medio.

#### □ EJEMPLOS PRÁCTICOS:

- **Siete alumnos han medido la profundidad del aula utilizando cintas métricas graduadas en centímetros obteniendo los siguientes resultados también en centímetros: 725, 724, 723, 724, 724, 725, 725. ¿Qué valor daremos como representativo de la medida?**

*Si calculamos el valor medio con la calculadora obtendremos:*

$$\text{Profundidad del aula} = \frac{725+724+723+724+724+725+725}{7} = 724,2857143\text{cm}$$

*Desde el punto de vista del experimentador utilizar esta gran cantidad de decimales carece de sentido. Si nuestro instrumento de medida (la cinta métrica) sólo puede apreciar centímetros, este resultado tendría mayor número de cifras significativas que las que podemos obtener. En realidad, y teniendo en cuenta la sensibilidad de la cinta métrica, las cifras que se encuentran después de la coma no son significativas y tendremos que prescindir de ellas.*

**Para dar un resultado correcto nos tendremos que fijar en la primera cifra no significativa; si esta cifra es menor que 5 la última cifra significativa se deja como está y se suprimen las no significativas. Si la primera cifra es 5 ó mayor que 5 se suma una unidad a la última cifra significativa y se suprimen las no significativas.**

**EL RESULTADO CORRECTO EN NUESTRO EJEMPLO ES 724 CM.**

*(Si al operar con la calculadora hubiéramos obtenido 724,67cm, el resultado correcto sería 725cm, puesto que la primera cifra no significativa es 6 que es mayor que 5)*

- Seis alumnos han medido la longitud de un pupitre, utilizando reglas graduadas en milímetros, con los siguientes resultados (dados en cm): 125,8; 125,4; 125,6; 125,4; 125,6; 125,6. ¿Qué valor daremos como representativo de la medida?

Si calculamos el valor medio mediante la calculadora:

$$\text{Longitud} = \frac{125,8\text{cm} + 125,4\text{cm} + 125,6\text{cm} + 125,4\text{cm} + 125,6\text{cm} + 125,6\text{cm}}{6} = 125,5666\text{cm}$$

Como nuestro instrumento de medida (la regla) sólo puede apreciar milímetros, este resultado tendría más precisión que los valores experimentales. A partir de la segunda cifra decimal todas las cifras están afectadas de error. **EL RESULTADO CORRECTO SERÍA 125,6 cm**, estando la cifra de las unidades afectada de posibles incertidumbres. Puedes observar como a la última de las cifras significativas (el primer decimal) le hemos sumado un número, esto es debido a que el segundo decimal es igual o mayor que 5.

Llamamos **ERROR ABSOLUTO ( $E_a$ )** de una medida a la diferencia que existe entre el valor de la medida ( $m'$ ) y el valor medio ( $m$ ).

$$E_a = m' - m$$

El valor del error absoluto de una medida no nos indica la importancia que en realidad tiene dicho error. Si en la medida de la longitud del aula cometemos un error de 1 metro y en la de la distancia de la tierra a la luna erramos en 1 kilómetro, aparentemente hemos cometido un error mayor en la segunda medida, puesto que un kilómetro es mil veces mayor que 1 metro, sin embargo es muchísimo más importante el error cometido al medir el aula, ya que sobre 10 unidades de medida (10 metros) nos hemos equivocado en una, mientras que en el caso de la medida de la distancia a la luna sobre 385.000 unidades (385.000 kilómetros) sólo nos hemos equivocado en una. Necesitamos por tanto una medida más indicativa del error que se comete al realizar una medida, por lo que surge el concepto de error relativo.

Cuando sólo realizamos una medida el error absoluto coincide con la imprecisión de la medida atendiendo al aparato que hemos utilizado, o lo que es lo mismo a la sensibilidad del aparato de medida utilizado.

El **ERROR RELATIVO ( $E_r$ )** es el cociente que resulta de dividir el error absoluto ( $E_a$ ) entre el valor medio ( $m$ ).

$$E_r = \frac{E_a}{m}$$

Dada así la fórmula el valor obtenido nos indica el error que hemos cometido por cada unidad de medida (tanto por uno). Si multiplicamos por cien obtendremos el error cometido por cada cien unidades (tanto por ciento). Siempre que demos un valor de error relativo tenemos que indicar si está expresado en tanto por uno o en tanto por ciento.

#### □ PROBLEMA RESUELTO:

**En el primer ejemplo práctico que vimos antes ¿Cuál es el error absoluto de la primera medida? ¿Y el error relativo de la misma?**

$$\begin{aligned} E_a &= m' - m \\ m'(\text{valor de la medida}) &= 725\text{cm} \\ m(\text{valor medio}) &= 724\text{cm} \\ E_a &= 725\text{cm} - 724\text{cm} = 1\text{cm} \end{aligned}$$

$$E_r = \frac{E_a}{m} = \frac{1\text{cm}}{724\text{cm}} = 0,0014$$

Este valor del error relativo es el error que se ha cometido por cada unidad de medida, en este caso por cada centímetro (0,0014cm. De error por cada centímetro real); si queremos calcular el tanto por ciento (%), error por cada 100 unidades de medida) tendremos que multiplicar por 100:

$$E_r = 0,14\%$$

#### □ PROBLEMA RESUELTO:

**Con una balanza electrónica que aprecia décimas de gramo se ha obtenido la masa de un objeto con un resultado de 2,5 g. Compara la bondad de dicha medida con la obtenida por un vendedor ambulante con una balanza romana que aprecia 1/4 de kg y obtiene para otro 20,25 kg.**

En sentido coloquial, la «bondad» de una medida es una cualidad directamente relacionada con la

imprecisión relativa (error relativo) de ésta. Cuanto menor sea ésta, más calidad o bondad tendrá la medida.

En estos casos tomamos como error absoluto la imprecisión del aparato de medida, que para el primer caso es de 0,1 gramo y para el segundo de 0,25 gramos.

$$E_{r1} = \frac{E_{a1}}{\text{medida}_1} = \frac{0,1}{2,5} = 0,04 \qquad E_{r2} = \frac{E_{a2}}{\text{medida}_2} = \frac{0,25}{20,25} = 0,01$$

La medida de la balanza romana en este caso concreto tiene más calidad.

1.10. Una persona ha pesado varias veces un mismo anillo de oro utilizando diferentes balanzas obteniendo los siguientes resultados en gramos: 6,52; 6,56; 6,53; 6,62; 6,58 y 6,56. ¿Qué valor tendría que tomar como verdadero? ¿Cómo lo has calculado? ¿Cuál sería el error absoluto de la primera medida? ¿Y el error relativo de la misma?

1.11. Un alumno mide la longitud de una mesa de 120,0 cm y obtiene un valor de 119,4 cm; otro alumno mide la altura del aula de 4,00 m y obtiene un valor de 4,04 m. ¿Qué medida tiene más calidad?

## 5.- NOTACIÓN CIENTÍFICA

### ¿QUÉ TENEMOS QUE APRENDER?

- A escribir cantidades en forma de notación científica.
- A determinar el orden de magnitud de una medida.

En muchas ocasiones las cantidades que hay que dar o calcular son muy grandes o extremadamente pequeñas. Por ejemplo la distancia entre la tierra y el sol son 149.600.000 km., o el diámetro de un glóbulo rojo 0,00000098 m. En estos casos, para evitar escribir tal cantidad de números lo que podría provocar errores con mucha facilidad, las cantidades se escriben utilizando la notación científica.

La **NOTACIÓN CIENTÍFICA** consiste en escribir la cantidad con una parte entera de una sola cifra (entre el 1 y el 9), y una parte decimal, multiplicándose ese número por la potencia de diez que permita mantener el mismo valor de la cantidad con la que se está trabajando.

*En el caso de la distancia de la Tierra al Sol puedes observar que 149.600.000 es igual que escribir 1,496·100.000.000 o lo que es lo mismo 1,496·10<sup>8</sup> que es la notación científica de dicha cantidad. Escribimos que la distancia de la Tierra al Sol son 1,496·10<sup>8</sup>km.*

*Para el diámetro de un glóbulo rojo, la cantidad 0,00000098 es igual que escribir 9,8·0,0000001 o lo que es lo mismo 9,8·10<sup>-7</sup>. Escribimos que el diámetro de un glóbulo rojo es 9,8·10<sup>-7</sup>m.*

Al escribir las medidas de las magnitudes en notación científica podemos, de un vistazo, saber cuál es el orden de magnitud de las mismas lo que facilita la comparación de diversos valores de una misma magnitud física en distintos cuerpos.

Llamamos **ORDEN DE MAGNITUD** a la parte escrita en forma de potencia de 10 en la notación científica. Así la distancia de la Tierra al Sol es del orden de magnitud de 10<sup>8</sup>km y el diámetro de un glóbulo rojo es del orden de magnitud de 10<sup>-7</sup>m.

*Por ejemplo podemos comparar los tamaños de diferentes cuerpos mediante el orden de magnitud: Un protón tiene un diámetro del orden de 10<sup>-15</sup>m, un virus un diámetro del orden de 10<sup>-7</sup>m y la Tierra un diámetro del orden de 10<sup>7</sup>m. Esto significa que la Tierra tiene un diámetro unas 10<sup>22</sup> veces mayor que un protón (10.000.000.000.000.000.000.000) y unas 10<sup>14</sup> veces mayor que un virus (100.000.000.000.000).*

Como puedes ver es mucho más cómodo y evita errores utilizar la notación científica.

## TABLA DE MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS, PREFIJOS Y SIGNIFICADO

Prefijo	Símbolo	Factor por el cual se debe multiplicar la unidad SI
exa	E	$10^{18} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
peta	P	$10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
tera	T	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$
giga	G	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$
mega	M	$10^6 = 1\ 000\ 000$
kilo	k	$10^3 = 1\ 000$
hecto	h	$10^2 = 100$
deca	da	$10 = 10$
deci	d	$10^{-1} = 0,1$
centi	c	$10^{-2} = 0,01$
mili	m	$10^{-3} = 0,001$
micro	$\mu$	$10^{-6} = 0,000\ 001$
nano	n	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$
pico	p	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$
femto	f	$10^{-15} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 001$
atto	a	$10^{-18} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$

1.12. Escribe en notación científica los siguientes números. Indica en cada caso cual es su orden de magnitud.

- 12830000000
- 254300000
- 0,0000003465
- 1542,37
- 0,0045
- 153000
- 0,00767

## 6.- LONGITUD, SUPERFICIE, VOLUMEN Y CAPACIDAD.

### ¿QUÉ TENEMOS QUE APRENDER?

- Los múltiplos y divisores del metro y las equivalencias entre ellos.
- Los múltiplos y divisores del metro cuadrado y las equivalencias entre ellos.
- Las unidades utilizadas en la medida de volúmenes y capacidades y las equivalencias entre ellas.

**a) LONGITUD:** Podríamos definir la **LONGITUD** de un objeto como la **extensión de ese objeto en una sola dirección, es decir medido en una sola dimensión.**

La unidad de longitud en el S.I. es el metro. Sus magnitudes derivadas son:

MÚLTIPLOS	Relación con el metro	DIVISORES	Relación con el metro
decámetro	1dam = 10m	decímetro	1dm = 0,1m = $10^{-1}$ m
hectómetro	1hm = 100m = $10^2$ m	centímetro	1cm = 0,01m = $10^{-2}$ m
kilómetro	1km = 1000m = $10^3$ m	milímetro	1mm = 0,001m = $10^{-3}$ m
Megámetro	1Mm = $10^6$ m	micrómetro o micra	$1\mu\text{m} = 10^{-6}$ m
Gigámetro	1Gm = $10^9$ m	nanómetro	1nm = $10^{-9}$ m
Terámetro	1Tm = $10^{12}$ m	picómetro	1pm = $10^{-12}$ m

Como ves las unidades de longitud (y la de la mayoría de las magnitudes) siguen el sistema decimal de numeración o sistema métrico decimal.

**b) SUPERFICIE:** La **SUPERFICIE** es la **extensión ocupada por un cuerpo en un plano.** Se toma como unidad de superficie en el S.I. el metro cuadrado (**m<sup>2</sup>**)

**Ejercicio propuesto:** Haz una tabla con los múltiplos y submúltiplos o divisores del  $m^2$ , escribiendo también su equivalencia.

**c) VOLUMEN Y CAPACIDAD.**

El **VOLUMEN** es el **espacio ocupado por un cuerpo**. Su unidad de medida en el S.I. es el  $m^3$ .

El volumen de los líquidos, gases y algunos sólidos se miden utilizando recipientes de medidas fijas que los contengan.

Llamamos **CAPACIDAD** al **volumen interior de dichos recipientes** y tomamos como unidades las mismas que para el volumen.

En la medida de estas dos magnitudes se utilizan además de las unidades propias del sistema métrico decimal que derivan del metro cúbico (los múltiplos y submúltiplos correspondientes al igual que en la medida de la longitud y la superficie) una nueva unidad con sus múltiplos y submúltiplos propios: el litro. Un litro (L) equivale a un decímetro cúbico ( $dm^3$ ).

En los trabajos de laboratorio se utiliza mucho un divisor del litro: el mililitro (ml), que como indica su prefijo equivale a 0,001 litro ( $10^{-3}L$ ). De acuerdo con esto 1mL equivale a  $1cm^3$  (el  $cm^3$  también lo verás escrito cc.) Recuerda siempre estas equivalencias (¡No se te pueden olvidar JAMÁS!):

$$\begin{aligned}1dm^3 &= 1\text{litro} \\1cm^3 &= 1\text{mililitro} \\1dm^3 &= 1000cm^3 = 10^3 cm^3 = 10^3mL\end{aligned}$$

Si utilizamos el sistema métrico decimal para establecer las unidades de volumen a partir del litro tenemos las siguientes unidades y sus respectivas equivalencias:

$$\begin{aligned}1\text{ decilitro (dL)} &= 0,1\text{ litro} = 10^{-1}L \\1\text{ centilitro (cL)} &= 0,01\text{ litro} = 10^{-2}L \\1\text{ mililitro (mL)} &= 0,001\text{ litros} = 10^{-3}L\end{aligned}$$

**EJERCICIO PROPUESTO:** Haz una tabla con las unidades de volumen y capacidad y sus equivalencias y apréndetela.

En el caso de sólidos y líquidos, y salvo escasísimas excepciones, un aumento de temperatura hace que el cuerpo se dilate ligeramente.

La medida de volúmenes es un problema de gran interés en los laboratorios, ya que la mayoría de los trabajos que allí se realizan necesitan la determinación de los mismos.

**1.13. Realiza los siguientes cambios de unidades:**

a) 5 litros a mililitros	e) $9,65 \times 10^7$ mm a m	i) $4,045 \times 10^3$ $dm^3$ a ml
b) $2,3 \times 10^3$ m a cm	f) $3,665 \times 10^{-4}$ $m^2$ a $cm^2$	j) $45$ $dm^3$ a cc
c) $1,76 \times 10^{-4}$ m a mm	g) $7,01$ $mm^2$ a $m^2$	k) $3,776 \times 10^{-5}$ ml a litros
d) $3,887 \times 10^{-6}$ km a cm	h) $3 \times 10^5$ cc a litros	l) $0,24$ cc a $dm^3$

## 7.- MASA Y DENSIDAD.

### ¿QUÉ TENEMOS QUE APRENDER?

- La definición de masa y su unidad en el S.I.: el kilogramo.
- Los múltiplos y submúltiplos del kilogramo y las equivalencias entre ellos.
- La definición de densidad y el significado que tiene esta magnitud.
- La forma de calcular la densidad de líquidos y de sólidos.
- Resuelve problemas relacionados con la densidad de las sustancias.

La **MASA** de un cuerpo es la **cantidad de materia que posee ese cuerpo**.

La unidad de masa en el S.I. es el **KILOGRAMO**. Un kilogramo es la masa de un litro de agua a 4°C.

Además del kg se utilizan como unidades de masa sus múltiplos y submúltiplos:

**MÚLTIPLO:** 1 Tonelada = 1000kg.

**SUBMÚLTIPLOS:** 1hg = 10<sup>-1</sup>kg ; 1dag = 10<sup>-2</sup>kg ; 1g = 10<sup>-3</sup>kg ; 1dg = 10<sup>-4</sup>kg ; 1cg = 10<sup>-5</sup>kg ; 1mg = 10<sup>-6</sup>kg

Si nos fijamos en dos cuerpos del mismo volumen hechos con diferentes materiales, podemos observar que en la mayoría de los casos su masa no es la misma. Por otra parte nos damos cuenta que cuerpos que tienen la misma masa no poseen el mismo volumen.

A la magnitud que relaciona la masa de un cuerpo con su volumen la llamamos **DENSIDAD**.

**DENSIDAD** de un cuerpo es la **masa que tiene ese cuerpo por unidad de volumen**.

$$d = \frac{m}{V}$$

La unidad de densidad en el S.I. es el **kg/m<sup>3</sup>**

Sin embargo la densidad de los cuerpos se da en **g/cm<sup>3</sup>**, o en **kg/L**

**EJERCICIO PROPUESTO:** Comprueba que 1kg/L = 1g/cm<sup>3</sup>

La densidad de una determinada sustancia sólida es un valor fijo para cada temperatura (puede sufrir pequeñas variaciones al cambiar la temperatura debido a las dilataciones cuando aumenta la temperatura o a las contracciones cuando desciende). Así la densidad del agua a 4°C es de 1,00kg/L, la del alcohol etílico 0,79kg/L, la del hierro 7,86kg/L o la del mercurio 13,60kg/L.

**No debes confundir densidad con viscosidad. Un material es viscoso cuando fluye con dificultad. El aceite es más viscoso pero menos denso que el agua.**

Cuando queramos **conocer la densidad de una sustancia sólida** en el laboratorio debemos coger una muestra de dicha sustancia y determinar tanto su masa como su volumen.

La masa la mediremos en la balanza y el volumen lo medimos con una probeta; para ello echamos una cantidad suficiente de agua en la probeta anotando el volumen de esta cantidad, a continuación introducimos la muestra de sustancia a medir en el agua (siempre que la sustancia sólida no sea soluble en agua, si es soluble tendremos que coger otro líquido en el que no sea soluble). El volumen de esta muestra vendrá representado por el ascenso de volumen que se registra en la probeta.

En el caso de que **la sustancia a medir su densidad sea líquida**, tomaremos una probeta y determinaremos su masa en la balanza. A continuación echamos en ella un determinado volumen del líquido en la probeta. La masa del líquido la calculamos por diferencia de la masa de la probeta llena y vacía; el volumen del líquido lo leemos en la probeta.

De todas maneras existe un instrumento de medida directa de la densidad de un líquido que llamamos **densímetro**.

Cuando determinamos la densidad de una sustancia tenemos que tener en cuenta que la temperatura influye sobre el volumen de las mismas. Así, cuando aumentamos la temperatura de una sustancia, ésta se dilata, lo que implica una disminución de la densidad (el volumen y la densidad son inversamente

proporcionales). Lo contrario ocurre cuando disminuye la temperatura. Por ello cuando se da la densidad de una sustancia se indica a la temperatura a la que ha sido calculada.

**TABLA DE DENSIDADES EN g/cm<sup>3</sup> o EN kg/L**

PLATINO	21,50	LECHE	1,03
ORO	19,32	AGUA (A 4°C)	1,00
MERCURIO	13,60	AGUA DE MAR	1,03
PLOMO	11,34	HIELO (A 0°C)	0,92
PLATA	10,52	ACEITE DE OLIVA	0,91
HIERRO	7,86	ALCOHOL ETÍLICO	0,79
COBRE	8,92	PETRÓLEO	0,80
DIAMANTE	3,50	GASOLINA	0,70
ALUMINIO	2,70	CLOROFORMO	1,49
MÁRMOL	2,70	GLICERINA	1,26
VIDRIO	2,50	ÁCIDO SULFÚRICO	1,84
MADERA DE PINO	0,85	BUTANO	0,026
MADERA DE ENCINA	0,60	DIÓXIDO DE CARBONO	0,022
CORCHO	0,24	OXÍGENO	0,014
		HIDRÓGENO	0,001
		AIRE	0,013

□ **EJEMPLOS DE PROBLEMAS SOBRE DENSIDAD:**

- **Un trozo de aluminio tiene un volumen de 25cc ¿Cuál es su masa?**

$$densidad = \frac{masa}{volumen} \Rightarrow masa = densidad \times volumen$$

Si miramos la tabla de densidades vemos que la del aluminio es 2,70 g/cc.

Luego:

$$masa = densidad \times volumen = 2,70 \frac{g}{cc} \times 25cc = 67,50g$$

- **13,22kg de un líquido ocupan un volumen de 7,18 litros ¿Cuál es su densidad?**

$$densidad = \frac{masa}{volumen} = \frac{13,22kg}{7,18L} = 1,84 \frac{kg}{L}$$

- **¿Qué volumen ocupan 7,35kg de hierro?**

Si miramos la tabla de densidades, la del hierro es 7,86kg/dm<sup>3</sup>

$$densidad = \frac{masa}{volumen} \Rightarrow volumen = \frac{masa}{densidad} = \frac{7,35kg}{7,86 \frac{kg}{dm^3}} = 0,94dm^3$$

1.14. Realiza los siguientes cambios de unidades:

- 15 kg pasarlos a g
- 125 gramos a kilogramos
- 4x10<sup>-5</sup> kilogramos a gramos
- 7,5x10<sup>4</sup> gramos a kilogramos
- 350 kilogramos a gramos

- 1.15. ¿Cuál es la densidad de un objeto cuya masa son 2 kg y ocupa un volumen de 1,5 litros?
- 1.16. La densidad de un metal a 20°C es 3,47g/cc a) ¿Cómo hemos podido calcular dicha densidad en el laboratorio?; b) ¿Cuál sería el volumen de 2,5kg de dicha sustancia?; c) ¿Y la masa de 11,5 litros?; d) ¿Por qué crees que se ha dado la temperatura? e) ¿Qué pasaría si se eleva dicha temperatura? ¿Y si se disminuye? Razona tus respuestas.

## 8.- TIEMPO

### ¿QUÉ TENEMOS QUE APRENDER?

- **Los múltiplos y divisores del segundo y la equivalencia entre ellos.**

En el Sistema Internacional la unidad de medida del tiempo es el **SEGUNDO**, siendo sus múltiplos el minuto (1minuto = 60segundos) y la hora (1hora = 60minutos = 3600segundos).

Puedes observar que estos múltiplos no siguen el sistema métrico decimal por lo que hay que tener mucho cuidado al realizar los cambios de unidades y al utilizar decimales.

Los divisores del segundo siguen el sistema decimal de numeración, por lo que serán: la décima de segundo (que es igual a 0,1segundo), la centésima de segundo (igual a 0,01 segundos o, lo que es lo mismo,  $10^{-2}$  segundos) y la milésima de segundo (0,001segundos ó  $10^{-3}$ segundos)

- 1.17. Haz una tabla con las unidades de medida del tiempo y la relación que hay entre ellas.

## 9.- CAMBIOS DE UNIDADES MEDIANTE FACTORES DE CONVERSIÓN

### ¿QUÉ TENEMOS QUE APRENDER?

- **A hacer cualquier cambio de unidades que se puedan plantear en los problemas de la asignatura mediante los factores de conversión.**

Para realizar un cambio de una unidad a otra lo primero que tenemos que hacer es escribir la equivalencia entre las unidades problema. A continuación esas cantidades las escribimos como numerador y denominador de un cociente. Como ambos valores son iguales, el valor de ese cociente es 1.

A ese cociente lo llamamos **factor de conversión**.

El factor de conversión lo multiplicamos por la expresión en la que tenemos la unidad a convertir; al ser el valor del factor de conversión 1, esta multiplicación no cambia el valor de la expresión multiplicada.

Es importante la colocación adecuada del numerador y del denominador, puesto que al multiplicar podremos eliminar, si son iguales, el numerador de la expresión con el denominador del factor y viceversa.

#### ❑ EJEMPLOS DE CAMBIOS DE UNIDADES:

- **Pasar 3,2 g/L a g/cm<sup>3</sup>**

EQUIVALENCIA:  $1L = 10^3 \text{ cm}^3$

FACTOR DE CONVERSIÓN: Como queremos convertir L (que está en el denominador de la expresión), el factor lo construiremos escribiendo la expresión L en el numerador:

$$\frac{L}{10^3 \text{ cm}^3}$$

RESOLUCIÓN:

$$3,2 \frac{\text{g}}{\text{L}} = 3,2 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times \frac{L}{10^3 \text{ cm}^3} = 3,2 \frac{\text{g}}{\cancel{\text{L}}} \times \frac{\cancel{L}}{10^3 \text{ cm}^3} = 3,2 \frac{\text{g}}{10^3 \text{ cm}^3} = 3,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

SOLUCIÓN:  $3,2 \frac{\text{g}}{\text{L}} = 3,2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

- Pasar  $2,2 \times 10^{-4} \text{ mg/L}$  a  $\text{g/cm}^3$

EQUIVALENCIA 1ª:  $10^3 \text{ mg} = 1\text{g}$

EQUIVALENCIA 2ª:  $1\text{L} = 10^3 \text{ cm}^3$

FACTOR DE CONVERSIÓN 1º: Como queremos convertir mg (que está en el numerador de la expresión) a g, el factor lo construiremos escribiendo la expresión mg en el denominador:

$$\frac{1\text{g}}{10^3\text{mg}}$$

FACTOR DE CONVERSIÓN 2º: Como queremos convertir L (que está en el denominador de la expresión) a  $\text{cm}^3$ , el factor lo construiremos escribiendo la expresión L en el numerador:

$$\frac{\text{L}}{10^3\text{cm}^3}$$

RESOLUCIÓN:

$$2,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 2,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot \frac{1\text{g}}{10^3\text{mg}} \cdot \frac{\text{L}}{10^3\text{cm}^3} = 2,2 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\cancel{\text{mg}}}{\cancel{\text{L}}} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{\text{g}}{\cancel{\text{mg}}} \cdot \frac{\cancel{\text{L}}}{10^3\text{cm}^3} = 2,2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2,2 \times 10^{-10} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

SOLUCIÓN:  $2,2 \times 10^{-4} \text{ mg/L} = 2,2 \times 10^{-10} \text{ g/cm}^3$

1.18. Realiza los siguientes cambios de unidades:

a) $3,2 \times 10^3 \text{ mg/dm}^3$ a $\text{g/cm}^3$	e) $48 \text{ g/L}$ a $\text{g/cm}^3$	i) $2,7756 \times 10^{10} \text{ g/mL}$ a $\text{kg/m}^3$
b) $3,44 \times 10^{-3} \text{ g/cc}$ a $\text{kg/L}$	f) $2,47 \times 10^{-3} \text{ kg/L}$ a $\text{g/cc}$	j) $6,89 \times 10^{-3} \text{ g/L}$ a $\text{g/cm}^3$
c) $5,67 \times 10^{-4} \text{ cL}$ a $\text{dm}^3$	g) $3,66 \times 10^4 \text{ kg/cm}^3$ a $\text{g/mL}$	k) $23 \text{ cL}$ a $\text{dm}^3$
d) $89,13 \text{ g/cc}$ a $\text{mg/dm}^3$	h) $5,28 \times 10^6 \text{ mg/dm}^3$ a $\text{g/cm}^3$	l) $3,77 \times 10^3 \text{ g/mL}$ a $\text{kg/m}^3$

1.19. Expresa las medidas que se indican en la correspondiente unidad del sistema internacional:  $43 \text{ km/h}$ ;  $62\text{min}$ ;  $26\text{g/cm}^3$

1.20. Expresa las medidas que se indican en la correspondiente unidad del sistema internacional:  $67 \text{ km/h}$ ;  $2\text{horas}$  y  $31\text{min}$ ;  $11 \text{ mg/cm}^3$