



Figura 1. El aprovechamiento de la energía nuclear es una de las principales aplicaciones de las interacciones entre materia y energía.

1. Cómo se construye la ciencia

1.1 Qué estudia la física

La física, como disciplina científica, indaga acerca del porqué y el cómo suceden los fenómenos naturales que observamos; en este proceso usamos nuestros sentidos y los instrumentos de medición y de observación de los cuales disponemos.

En este contexto, los físicos intentan descubrir las leyes básicas que rigen el comportamiento y las interacciones de la materia y la energía en cualquiera de sus formas. Así mismo, escudriñan la naturaleza de las estrellas, la luz, el tiempo, el sonido y las partículas subatómicas, entre otros objetos de estudio.

En conclusión, mediante la física se busca descubrir generalidades sobre la estructura básica del universo, para así explicar fenómenos observables en términos de principios fundamentales.

1.2 El trabajo científico

A continuación describiremos los pasos del trabajo científico.

El trabajo científico se planifica

Para desarrollar un trabajo, los científicos establecen los objetivos y las etapas que, aunque no siempre se dan en el mismo orden, les permiten abordar problemas, explicar fenómenos, realizar descubrimientos y obtener conclusiones generales sobre el funcionamiento de un sistema en estudio.

El trabajo científico busca soluciones

La esencia del quehacer científico es la capacidad humana para plantearse preguntas acerca de los sucesos más complejos e incomprensibles, por lo cual, la razón, fundamental del estudio de un fenómeno se relaciona con el interés que este despierta en el científico.

En muchas ocasiones, la motivación de los científicos se relaciona con las necesidades de la sociedad, por lo cual su trabajo tiene un marcado carácter social, ejemplo de esto es el desarrollo de vacunas para combatir enfermedades y epidemias que arremeten contra la población.

El trabajo científico se basa en conocimientos existentes

Para realizar su trabajo, los científicos no parten de cero, sino que en sus investigaciones aprovechan los conocimientos que existen sobre el objeto de estudio. En este sentido, se dice que la ciencia es acumulativa, es decir, los nuevos conocimientos se construyen sobre los anteriores y, de esta forma, dichos conocimientos pueden ser ampliados. Por ejemplo, el físico inglés Isaac Newton (1643-1727) declaró que nunca habría podido llegar a plantear sus leyes sobre el movimiento sin apoyarse en los hombros de dos gigantes: Galileo Galilei (1564-1642) y Johannes Kepler (1571-1630).

El trabajo científico es cualitativo y cuantitativo

En ocasiones, el trabajo científico implica observaciones de tipo cualitativo en las cuales no es necesario tomar medidas. En estas observaciones se analiza y se describe un determinado fenómeno para establecer la causa que lo produce, los factores que intervienen en él, la relación que tiene con otros fenómenos, etc.



Figura 2. Galileo Galilei produjo un cambio en la forma de observar los fenómenos.



En otras ocasiones, el trabajo científico es cuantitativo, es decir, requiere medidas rigurosas y precisas de las características de los fenómenos observados, por lo cual, en estos casos, se formulan matemáticamente las observaciones y las conclusiones.

El trabajo científico conduce a resultados

Los resultados de la experimentación y del trabajo científico, en la mayoría de las situaciones, conducen a plantear generalizaciones para explicar los fenómenos.

A partir de estas generalizaciones es posible predecir las condiciones en las cuales se producirá determinado fenómeno.

No obstante, nunca se puede estar seguro de que, en el futuro, no pueda darse una experiencia que sirva como contraejemplo de una generalización.

Por ejemplo, las tres leyes del movimiento planteadas por Isaac Newton en el siglo XVII son válidas para describir y predecir el movimiento de los cuerpos siempre que estos no se muevan con velocidades cercanas a la velocidad de la luz (300.000 km/s) y que su masa no sea demasiado pequeña (como la de las partículas subatómicas), caso en el cual se aplica la mecánica cuántica, desarrollada a partir de los trabajos realizados en el siglo XX por Planck, Einstein y De Broglie, entre otros.

El trabajo científico se realiza en equipo

Aunque en un principio, los científicos concebían sus ideas y experimentaban sobre ellas de manera independiente, en la actualidad se conforman equipos interdisciplinarios con permanente comunicación nacional e internacional.

Cada vez se acepta más la importancia y la necesidad de abordar en equipo problemas concretos, en forma completa y cercana a la realidad.

1.3 Un ejemplo de investigación científica

A continuación, se propone un ejemplo para ilustrar un posible proceso en la solución de la siguiente pregunta científica: ¿al suministrar calor a un cuerpo, aumenta siempre su temperatura?

En el proceso que se describe a continuación se consideran los siguientes aspectos: observación del fenómeno, búsqueda de la información, formulación de la hipótesis, comprobación experimental, trabajo en el laboratorio, conclusiones y comunicación de resultados, y elaboración de teorías.

Observación del fenómeno

La observación debe ser reiterada, minuciosa, rigurosa y sistemática.

Tal vez la primera pregunta que nos formulemos sea: ¿en qué circunstancias aumenta la temperatura cuando le suministramos calor a un cuerpo?

Una primera observación nos indicará que, cuando ponemos sobre el fogón una cantidad de agua, la temperatura del líquido aumenta. Para comprobar dicho evento será necesario valernos de nuestros sentidos para percibir las diferencias de temperatura (figura 3).

Posteriormente, y para evitar errores, se usa un instrumento de medición adecuado, que en este caso, es el termómetro.



Figura 3. Si simultáneamente introducimos los dedos en dos recipientes con agua a diferente temperatura y luego los introducimos en otro recipiente cuya temperatura sea intermedia, es posible que nuestros sentidos nos engañen.



Figura 4. Un metal puede cambiar de fase cuando se somete al calor.

Búsqueda de información

Además de la observación es necesario consultar información acerca de la pregunta planteada en fuentes de referencia como libros, enciclopedias o revistas científicas. En este tipo de fuentes se encuentra el conocimiento científico acumulado a través de la historia. Internet resulta una herramienta útil, pero es importante verificar la credibilidad de la información obtenida.

En el caso del ejemplo, la consulta que hemos considerado mostrará que los conceptos de calor y temperatura son diferentes y que, en algunos casos, la temperatura de las sustancias aumenta cuando se les suministra calor. Sin embargo, encontramos que en algunas situaciones particulares, al suministrar calor a una sustancia, la temperatura no aumenta.

Un caso en el que se verifica esta afirmación se presenta cuando la sustancia experimenta cambio de fase, es decir, cuando cambia de la fase líquida a la gaseosa o de la fase sólida a la líquida.

Formulación de hipótesis

A partir de la observación y de la documentación, se plantea una posible explicación del fenómeno, tratando de responder preguntas como:

¿Siempre que se suministra calor a una sustancia, aumenta su temperatura? ¿En qué condiciones se suministra calor y no aumenta la temperatura?

La explicación, propuesta como hipótesis, debe ser coherente con las observaciones y teorías científicas aceptadas hasta el momento.

A partir de la hipótesis planteada, es posible especular acerca de qué pasaría si se cambia algo o qué pasaría si las condiciones fueran diferentes. En otras palabras, hacemos suposiciones y predicciones, que luego deberán ponerse a prueba a través de una serie de experimentos.

Volviendo al ejemplo, se sabe que los conceptos de calor y temperatura se relacionan, de manera que una posible causa del aumento de temperatura en una sustancia es el suministro de calor.

Podemos formular una explicación, a manera de hipótesis, en los siguientes términos:

La temperatura de una sustancia no varía durante el tiempo en el cual la sustancia cambia de fase.

Comprobación experimental

Se deben confirmar las hipótesis con experimentos que reproduzcan las condiciones bajo las cuales ocurre el fenómeno estudiado. El fenómeno tendrá validez si tiene lugar en tales condiciones y se cumplen las suposiciones y predicciones que se hicieron con base en la hipótesis.

Para el caso tratado, es posible poner un recipiente con hielo sobre el fogón de una estufa para suministrarle calor. Mientras exista únicamente hielo dentro del recipiente, la temperatura permanecerá constante.

Trabajo en el laboratorio

En el laboratorio, se crean condiciones para reproducir el fenómeno estudiado; allí es posible cuantificar las variables, tomar datos y repetir las medidas tomadas por diferentes personas.



Para nuestro problema de investigación, en el laboratorio se puede realizar el siguiente experimento:

- Se pone una cantidad de hielo dentro de un recipiente.
- Luego, se le suministra calor por medio de un mechero y se registra la temperatura cada dos minutos.
- Con los datos obtenidos, se construye una tabla de valores y se analizan los registros.

Se podrá observar que, mientras exista hielo en el recipiente, la temperatura no variará.

- El paso siguiente sería explicar lo observado en los siguientes términos: cuando las sustancias experimentan un cambio de fase mediante suministro de calor, la temperatura no varía.

En realidad, el calor absorbido por la sustancia durante el cambio de fase se manifiesta en energía que aumenta la velocidad promedio de las moléculas.

Conclusiones y comunicación de resultados

Las conclusiones que se obtienen después del trabajo experimental pueden ser de dos tipos: empíricas o deductivas. En el primer caso, las conclusiones se basan en la experimentación, mientras que en el caso de las deductivas, se parte de premisas que han sido comprobadas anteriormente, para deducir otras de manera lógica. Toda conclusión debe ser divulgada a la comunidad.

Elaboración de teorías

En palabras del filósofo alemán Goethe:

Toda contemplación se convierte en observación, toda observación conduce a una conjetura, toda conjetura conduce al establecimiento de un enlace importante y se puede decir que cada vez que nosotros examinamos con atención el mundo, postulamos una teoría.

Las palabras anteriores, que pueden considerarse como una guía del trabajo científico, sitúan la observación como una contemplación que genera conocimiento sobre un fenómeno. A partir de la misma, surgen hipótesis y suposiciones que conducen a una primera aproximación del conocimiento.

Las leyes son hipótesis comprobadas que permiten explicar algunos fenómenos y hacer predicciones acerca de los mismos. Deben ser generales y, con frecuencia, requieren el uso de las matemáticas.

Las teorías son sistemas de leyes que, relacionadas entre sí en forma coherente, permiten explicar fenómenos. Las teorías científicas, como lo hemos indicado, tienen validez hasta que se muestran limitaciones para explicar determinados fenómenos o hasta que un nuevo descubrimiento las contradice.

De acuerdo con las limitaciones de una teoría, se puede establecer el campo de aplicación, es decir, se indican los problemas en los que dicha teoría es o no suficiente.

La pregunta planteada con respecto al aumento de la temperatura quedó resuelta al comprobar la hipótesis formulada que establece que, durante los cambios de fase, el suministro de calor no produce cambios de temperatura.



Figura 5. Montaje de laboratorio para la medida de la temperatura del agua expuesta al calor.



Figura 6. El sistema Tierra-Luna es un ejemplo de sistema físico.

2. Magnitudes físicas

2.1 Sistemas físicos

Nuestra realidad objetiva es muy compleja y presenta una gran cantidad de propiedades para ser estudiadas; por ejemplo, si observamos una piedra, notamos que su conformación no es sencilla, ya que presenta un gran número de elementos químicos en su composición interna, seguramente con imperfecciones en su estructura cristalina; sin embargo, cuando se usa en el estudio de la caída de los cuerpos, estas propiedades son despreciables en relación con la posición de la piedra en cada instante de tiempo.

Para que el estudio de un sistema físico resulte útil para la interpretación de la realidad, se hace una observación de él. En esta interpretación se usan sólo las propiedades relevantes de los objetos que están relacionadas con el fenómeno físico que se va a estudiar. Como conclusión, podemos decir que el estudio de un sistema físico nos ayuda a comprender la realidad y en ese sentido, es una aproximación a ella.

Son ejemplos de sistemas físicos una estrella, un haz luminoso, un átomo de un elemento, un resorte, el sistema Tierra-Luna o un circuito eléctrico, entre otros. Así, por ejemplo, si consideramos el sistema físico formado por un recipiente que contiene agua, la influencia de la temperatura del medio que lo rodea puede provocar que el agua hierva o que, por el contrario, se congele.

2.2 Magnitudes físicas

Para la descripción del sistema físico es imprescindible la medición, ya que permite establecer relaciones cuantitativas entre las diversas variables que intervienen en su comportamiento.

Las propiedades que caracterizan a los cuerpos o a los fenómenos naturales y que son susceptibles de ser medidas, reciben el nombre de magnitudes físicas. Así, la longitud, la masa, la velocidad, el tiempo y la temperatura, entre otras, son ejemplos de magnitudes físicas.

Otras propiedades, como el olor, el sabor, la bondad, la belleza, no son magnitudes físicas, ya que no se pueden medir.

Existen magnitudes físicas que son independientes de las demás y reciben el nombre de magnitudes fundamentales; entre ellas mencionamos la longitud, la masa y el tiempo.

Algunas magnitudes se definen a partir de las magnitudes fundamentales y reciben el nombre de magnitudes derivadas. Por ejemplo, la medida de la velocidad de un objeto se obtiene a partir de la longitud y el tiempo, por lo tanto, la velocidad es una magnitud derivada.

2.2.1 Medición de las magnitudes físicas

Al medir, se compara una magnitud física con una cantidad conocida que se toma como patrón. Este patrón se denomina unidad.

Resulta habitual que las magnitudes físicas se midan utilizando instrumentos calibrados; así, la masa de un cuerpo se puede medir en una balanza de platillos, comparándola con la de otros cuerpos de masa conocida (figura 7).



Figura 7. Balanza de platillos, mide la masa comparándola con la de otros cuerpos de masa conocida.



El resultado de la medición de una magnitud se expresa mediante un número y una unidad. Por ejemplo, si se mide la altura (l) de una persona y se toma como unidad el metro (m), el resultado debe expresarse de esta manera: $l = 1,80 \text{ m}$, donde el número 1,80 indica cuántas unidades (metros en este caso) están contenidas en la magnitud medida (la altura de la persona). Decir únicamente que la altura de la persona es 1,80 no tendría significado, ya que podría tratarse de 1,80 centímetros, 1,80 milímetros, etc.

EJERCICIO

La capacidad del disco duro de un computador se expresa en gigabytes (GB), sin embargo, hoy se consiguen discos de 1 terabyte o más (TB). ¿A cuántos GB equivale un TB?

2.2.2 Sistema internacional de unidades

Las mediciones confiables y exactas exigen unidades inalterables que los observadores puedan reproducir en distintos lugares. Por tal razón, en virtud de un acuerdo firmado en 1960, se estableció que en la mayor parte del mundo se utilizaría un sistema de unidades para científicos e ingenieros, denominado Sistema Internacional de Unidades (SI). Estos acuerdos son resultado del trabajo de la llamada Conferencia General de Pesos y Medidas, organización internacional con representación en la mayoría de países.

En la tabla 1.1 se muestran las unidades básicas del SI y nos referiremos a cada una de ellas a medida que avancemos en nuestro estudio de la física.

Tabla 1.1

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Intensidad de corriente	amperio	A
Temperatura	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd

En la tabla 1.2, se indican algunos prefijos utilizados para las unidades del Sistema Internacional y el factor por el que se debe multiplicar cuando se utiliza cada uno de ellos. Por ejemplo, 3 kg equivalen a $3 \cdot 10^3 \text{ g}$, lo que es igual a 3.000 g. También, $5 \mu\text{m}$ equivalen a $5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$, es decir, 0,000005 m.

Tabla 1.2

Múltiplos			Submúltiplos		
Prefijo	Símbolo	Factor	Prefijo	Símbolo	Factor
exa	E	10^{18}	deci	d	10^{-1}
peta	P	10^{15}	centi	c	10^{-2}
tera	T	10^{12}	mili	m	10^{-3}
giga	G	10^9	micro	μ	10^{-6}
mega	M	10^6	nano	n	10^{-9}
kilo	k	10^3	pico	p	10^{-12}
hecto	h	10^2	femto	f	10^{-15}
deca	D	10	atto	a	10^{-18}



Figura 8. La masa de los objetos se mide con la balanza.

A continuación, nos referimos a tres magnitudes fundamentales: la longitud, la masa y el tiempo.

Es importante tener presente que las unidades de las magnitudes fundamentales han sido escogidas de manera arbitraria por la comunidad científica, teniendo en cuenta algunas condiciones de comodidad, reproducibilidad, accesibilidad y universalidad.

La longitud

La unidad básica de longitud en el Sistema Internacional es el metro (m). Durante mucho tiempo se tomó como definición internacional de metro la distancia existente entre dos marcas hechas en una barra de platino e iridio (distancia denominada metro patrón) que se conserva en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de Sèvres (París). Definir de esta manera el metro no es preciso, ya que cualquier material, aun el platino y el iridio, está sometido a dilataciones y contracciones por efecto de la temperatura.

A partir de 1982, las unidades fundamentales del Sistema Internacional se definen en función de constantes totalmente invariantes. En particular, el metro se define así:

Definición

Un metro es la distancia que recorre la luz en el vacío en un tiempo de $1/299.972,458$ de segundo.

Aunque el metro es la unidad básica de longitud en el Sistema Internacional, se utilizan los múltiplos y los submúltiplos del metro para expresar algunas distancias. En ocasiones, si las distancias son muy grandes se emplea el año luz, el cual es equivalente a la distancia que recorre la luz en un año.

La masa

La unidad básica de masa en el Sistema Internacional es el kilogramo (kg). El kilogramo fue definido desde 1889 como la masa de un bloque de platino e iridio, denominado kilogramo patrón, que se conserva en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de Sèvres.

Aunque la unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo, la masa se expresa con otras unidades, como los múltiplos y submúltiplos del gramo. Por ejemplo, la cantidad de alguna sustancia contenida en un medicamento se expresa en miligramos (mg).

El tiempo

La unidad de tiempo en el Sistema Internacional es el segundo (s).

Desde 1889 a 1967, el segundo fue definido como la fracción $1/86.400$ del día solar medio, pero, como la duración del día experimenta variaciones, la definición actual es la siguiente:

Definición

Un segundo es la duración que tienen $9.192.631.770$ períodos de una determinada radiación de cesio-133.



Otras unidades de tiempo diferentes al segundo se utilizan de acuerdo con los períodos de tiempo que se quieran determinar. Por ejemplo, para referirse al tiempo que emplea un planeta de nuestro sistema solar en dar una vuelta alrededor del Sol, se utilizan los años o los días, pero para medir el tiempo que tarda una de las alas de un insecto en su ir y venir, se utilizan los milisegundos (ms).

Tabla 1.3

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	pie	p
Tiempo	segundo	s
Masa	slug	slug

2.2.3 Sistema británico de unidades

Aunque a lo largo del texto utilizaremos con mayor frecuencia las unidades del Sistema Internacional, cabe mencionar que existen otros sistemas de unidades. Uno de ellos es el sistema británico de unidades, que se usa habitualmente en los Estados Unidos.

El pie (p) es la unidad de longitud en este sistema y equivale a 30,48 centímetros. Otras unidades comunes de longitud son: la pulgada (pul), que equivale a 2,54 centímetros y la milla (mi), que equivale a 1.609 kilómetros.

El slug es la unidad de masa y equivale a 14,59 kilogramos.

La unidad de tiempo en el sistema británico, al igual que en el Sistema Internacional, es el segundo. En la tabla 1.3 se presentan las unidades en el sistema británico.

2.3 Cómo expresar los resultados de las mediciones

2.3.1 Conversión de unidades

En física, es muy común expresar algunas cantidades en diferentes unidades de medida. Por ejemplo, determinar a cuántos kilómetros equivalen 1.560 metros o a cuántos segundos equivalen 20 minutos. Preguntas como estas se resuelven mediante la conversión de unidades.

Algunas de estas conversiones sólo requieren realizar un cálculo mental; en otras ocasiones se hace necesaria la utilización de los factores de conversión, los cuales facilitan la expresión de una misma cantidad física en unidades diferentes.

Los factores de conversión se utilizan cuando se establece proporcionalidad entre las unidades. Por ejemplo, un slug equivale a 14,59 kg. En consecuencia, para convertir 30 kilogramos en x slug, escribimos la proporción:

$$\begin{aligned}\frac{1 \text{ slug}}{14,59 \text{ kg}} &= \frac{x}{30 \text{ kg}} \\ x &= \frac{30 \text{ kg} \cdot 1 \text{ slug}}{14,59 \text{ kg}} && \text{Al despejar } x \\ x &= 2,06 \text{ slug} && \text{Al calcular}\end{aligned}$$

La misma conversión se puede realizar de la siguiente manera:

$$30 \text{ kg} \cdot \frac{1 \text{ slug}}{14,59 \text{ kg}} = 2,06 \text{ slug}$$

A la expresión $1 \text{ slug} = 14,59 \text{ kg}$ se le denomina factor de conversión.

En un factor de conversión se establece un cociente entre la unidad de un sistema y su equivalencia en otro sistema o en otra unidad del mismo sistema.



* EJEMPLOS

1. En el comercio se consiguen reglas graduadas en centímetros y en pulgadas. Determinar la medida en pulgadas de una regla de 30 cm.

Solución:

Como 1 pulgada equivale a 2,54 cm, la conversión que se establece es:

$$30 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ pul}}{2,54 \text{ cm}} = 11,81 \text{ pul}$$

La longitud de una regla de 30 centímetros, expresada en pulgadas, es 11,81 pul.

2. La masa de una persona es 65 kg. ¿Cuál es su masa en slug?

Solución:

Se multiplica 65 kg por el factor de conversión 1 slug/14,59 kg:

$$65 \text{ kg} \cdot \frac{1 \text{ slug}}{14,59 \text{ kg}} = 4,46 \text{ slug}$$

Por tanto, la masa de una persona de 65 kg es 4,46 slug.

2.3.2 Las cifras significativas

En la figura 9 se observa que, al determinar la longitud de una mesa con una cinta métrica graduada en centímetros, se puede afirmar que dicha longitud es de 58,3 cm; al hacer esta medición estamos seguros de las cifras 5 y 8, pero la cifra 3 es dudosa.

Ahora, al observar la figura 10, si la medida se realiza con una cinta métrica graduada en milímetros, se puede afirmar que la medición es, por ejemplo 583,5 mm, donde las cifras seguras son el 5, el 8 y el 3, pero la cifra dudosa es el 5.

A las cifras seguras y a la primera cifra dudosa obtenida en una medición se les denomina cifras significativas. En el primer caso, decimos que la medición tiene tres cifras significativas; mientras que en el segundo, decimos que tiene cuatro cifras significativas.

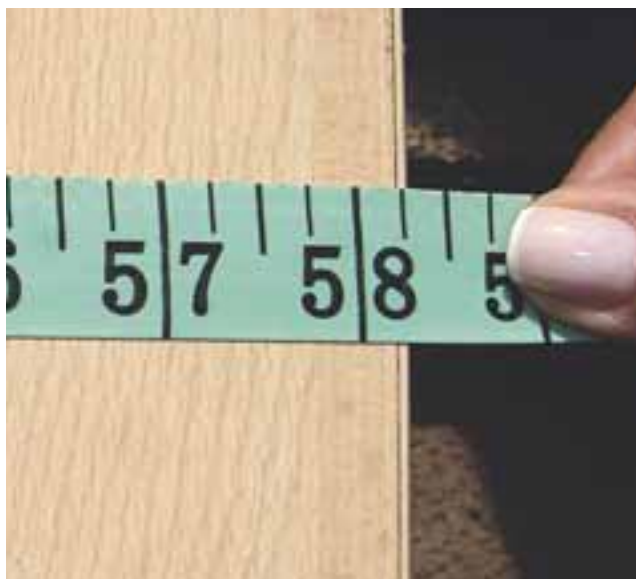


Figura 9. Si la medida que expresamos en este caso es 58,3 cm, el 3 es dudoso.

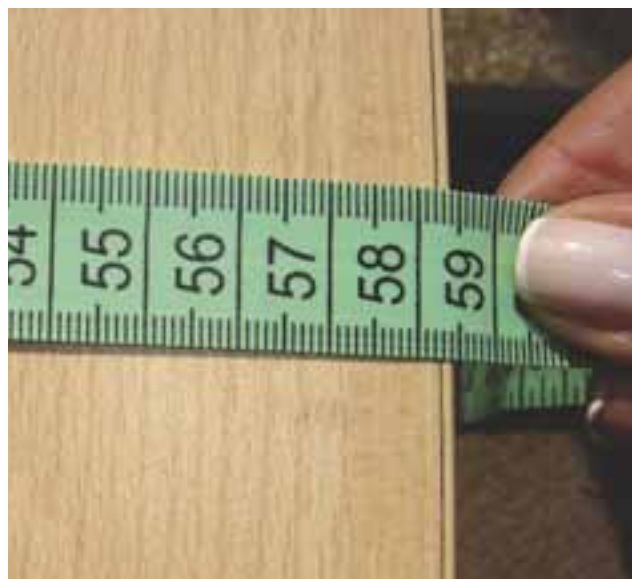


Figura 10. Si la medida que expresamos en este caso es 583,5 mm, el 5 es dudoso.



* EJEMPLOS

1. El radio de la base de un cilindro de aluminio mide 1,25 cm y su altura mide 4,63 cm. Cuando se pone en el platillo de una balanza, se registra una masa de 61,3 g. Determinar la densidad del aluminio si se sabe que esta se calcula como el cociente entre la masa y el volumen.

Solución:

Para calcular el volumen de un cilindro consideramos algunos conceptos geométricos.

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = 3,14 \cdot (1,25 \text{ cm})^2 \cdot 4,63 \text{ cm} \quad \text{Al remplazar}$$

$$V = 22,7 \text{ cm}^3$$

Aunque el resultado obtenido con la calculadora es 22,7159375, lo redondeamos a 22,7 puesto que, tanto en el radio como en la altura, se utilizaron tres cifras significativas y el resultado no debe expresarse con un número de cifras mayor que ellas.

Ahora, la densidad se expresa mediante la expresión:

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

$$\text{densidad} = \frac{61,3 \text{ g}}{22,7 \text{ cm}^3} = 2,70 \text{ g/cm}^3 \quad \text{Al remplazar y calcular}$$

Por tanto, la densidad del aluminio es 2,70 gramos por centímetro cúbico.

2. El radio de una esfera de hierro mide 1,15 cm y la densidad del hierro es 7,80 g/cm³. Determinar la masa de la esfera, teniendo en cuenta el número de cifras significativas.

Solución:

El volumen de una esfera se expresa como:

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$$

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot (1,15 \text{ cm})^3 = 6,37 \text{ cm}^3 \quad \text{Al remplazar y calcular}$$

Ahora, la masa se expresa mediante la expresión:

$$\text{masa} = \text{densidad} \cdot \text{volumen}$$

$$\text{masa} = 7,80 \text{ g/cm}^3 \cdot 6,37 \text{ cm}^3 = 49,7 \text{ g} \quad \text{Al remplazar y calcular}$$

La masa de la esfera es 49,7 g. Este resultado tiene tres cifras significativas.

EJERCICIO

El largo de una placa rectangular es 3,25 cm y el ancho 1,50 cm. Calcula el área de la placa teniendo en cuenta las cifras significativas.

2.3.3 La notación científica

Como resultado de los cálculos científicos, a veces aparecen magnitudes físicas que toman valores muy grandes o por el contrario, surgen valores de medidas que, al ser comparadas con la unidad patrón, toman un valor muy pequeño. Para expresar el valor numérico de dichas magnitudes se utiliza la notación científica. En el manejo de la notación científica se emplean las cifras significativas y las potencias de 10.



Para escribir una cantidad utilizando la notación científica, se ubican las cifras significativas con una parte entera (comprendida entre 1 y 9) y otra parte decimal, multiplicada por la correspondiente potencia de 10. Por ejemplo, la masa de un electrón es $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, mientras que la masa de la Tierra es $6,0 \cdot 10^{24}$ kg. Por medio de la notación científica se pueden comparar los valores que toma una magnitud física en forma sencilla.

* EJEMPLO

El planeta Tierra se encuentra ubicado en la galaxia conocida como la Vía Láctea. El Sol se encuentra a 30.000 años luz del centro de la Vía Láctea. Determinar esta distancia en metros.

Solución:

Un año luz es la distancia que recorre la luz en un año. La luz recorre 300.000.000 metros en un segundo, es decir, recorre $3,0 \cdot 10^8$ metros en un segundo. Como un año equivale a 31.536.000 segundos, tenemos que:

1 año luz = velocidad de la luz \cdot un año

1 año luz = $(3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}) \cdot (31.536.000 \text{ s})$

Al remplazar

1 año luz = $9,5 \cdot 10^{15} \text{ m}$

Al calcular

Por tanto, 30.000 años luz equivalen a $(3 \cdot 10^4 \text{ años luz}) (9,5 \cdot 10^{15} \text{ m}) = 2,8 \cdot 10^{20} \text{ m}$

La distancia que separa el Sol del centro de la Vía Láctea es $2,8 \cdot 10^{20} \text{ m}$, correspondiente al número 280.000.000.000.000.000.000.



2.4 Cómo interpretar las unidades de medida

En el estudio de las ciencias es importante dar significado a las unidades. La densidad del aluminio es $2,70 \text{ g/cm}^3$. Este dato permite concluir que la masa de cada cm^3 de aluminio es 2,70 g.

En este caso, la unidad g/cm^3 se interpreta de la siguiente manera: si la densidad del aluminio es $2,70 \text{ g/cm}^3$, se tiene que la masa de cada cm^3 de aluminio es 2,70 g.

En conclusión, podemos afirmar que la densidad es una magnitud derivada, puesto que para su definición, se utilizan las magnitudes masa y volumen, siendo el volumen una magnitud derivada de la longitud.

* EJEMPLO

El sonido viaja en el aire a una velocidad de 340 m/s, ¿cómo se podría interpretar este resultado?

Solución:

Si la velocidad del sonido es 340 m/s, podemos interpretar que 1 s después de generarse un sonido, este se ha propagado 340 m a partir del sitio en el cual se produjo. Por lo tanto, la velocidad es una magnitud derivada, puesto que para su definición, se consideran las magnitudes fundamentales longitud y tiempo.



2.5 Manejo de errores

Al realizar una medición es imposible evitar cierto grado de incertidumbre, pues es probable que en el procedimiento se generen errores experimentales, ya sean humanos, por variaciones del medio o por una calibración incorrecta de los instrumentos utilizados. Al medir se pueden presentar dos clases de errores que no son atribuidos al experimentador: sistemáticos o aleatorios.

Los errores sistemáticos se producen por limitaciones del equipo utilizado o por deficiencias en el diseño experimental. Suele suceder que se presente este tipo de errores cuando se repite el experimento exactamente de la misma manera.

Por ejemplo, la medida de una determinada intensidad de corriente es 2,5 A; si el fabricante del amperímetro advierte que toda medición tiene un error de $\pm 0,05$ A, el resultado se debe expresar como $2,5 \text{ A} \pm 0,05 \text{ A}$.

Los errores aleatorios se originan por causas que no se pueden controlar en cada medida. Por ejemplo, si diferentes personas midieran el espesor de un libro con una regla graduada en milímetros, obtendrían diferentes valores, ya que la apreciación de la última cifra significativa podría ser distinta.

Nos referimos a la precisión de una medición cuando al repetirse dicha medición varias veces, existe concordancia entre los valores obtenidos. Cuando en la repetición de la medida la variación entre los valores obtenidos aumenta, a esta se le atribuye una menor precisión.

Por otra parte, mencionamos la exactitud de una medida al expresar la proximidad de esta con determinado valor de referencia, relacionando la cercanía del valor medido al valor conocido.

Por ejemplo, cuando se determina experimentalmente la densidad del aluminio, el valor obtenido tendrá mayor exactitud cuanto más se aproxime a $2,70 \text{ g/cm}^3$.

A partir de la diferencia entre el valor obtenido en la medición y el valor de referencia, se definen dos tipos de errores: el absoluto y el relativo.

Error absoluto: es el valor absoluto de la diferencia entre el valor obtenido en una medición y el valor que se toma como referencia.

$$\text{Error absoluto} = |\text{Valor obtenido} - \text{Valor de referencia}|$$

Error relativo: es el cociente entre el error absoluto y el valor que se toma como referencia de la medida.

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{Valor obtenido} - \text{Valor de referencia}}{\text{Valor de referencia}}$$

Como hemos dicho, se obtiene una medida más precisa de una magnitud cuando se realizan varias mediciones; sin embargo, es posible que en cada medición se obtenga una diferencia con respecto al valor esperado o valor de referencia. Por esta razón, es conveniente calcular el error en que se incurre en un conjunto de varias mediciones.

La estadística nos permite calcular el valor promedio de los valores obtenidos en una serie de mediciones mediante el cálculo de la media aritmética.

EJERCICIO

Al determinar la medida de la masa de un objeto se obtiene 308 g, sin embargo, las especificaciones originales indican que la masa es 300 g. Calcula el error absoluto y el error relativo de la medición.



Si una medida se realiza ocho veces y se obtienen los valores $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$ y x_8 , el valor promedio se obtiene mediante la expresión:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8}{8}$$

Por otra parte, es importante establecer qué tanto se alejan los datos tomados con respecto al promedio. Para ello, se calcula la desviación media, la cual se determina mediante la siguiente expresión

$$DM = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + \dots + |x_n - \bar{x}|}{n}$$

El resultado de la medición se expresa como

$$x \pm DM$$

Se acostumbra a determinar el error relativo como

$$\text{Error relativo} = \frac{DM}{\bar{x}}$$

Es usual expresar el error relativo en términos de porcentaje.

* EJEMPLO

El diámetro de un disco se mide cinco veces con una regla graduada en milímetros, y se obtienen los siguientes resultados: 12,2 mm; 12,1 mm; 12,3 mm; 12,0 mm; 12,2 mm.

- Determinar el valor promedio de los datos.
- Determinar la desviación media.
- Expresar el resultado de la medición y el error relativo.

Solución:

- El valor promedio se calcula así:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5}{5}$$

$$\bar{x} = \frac{12,2 + 12,1 + 12,3 + 12,0 + 12,2}{5}$$

$$\bar{x} = 12,2$$

Al remplazar, calcular y aproximar

- La desviación media se calcula a partir de:

$$DM = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + |x_3 - \bar{x}| + |x_4 - \bar{x}| + |x_5 - \bar{x}|}{5}$$

$$DM = \frac{|12,2 - 12,2| + |12,1 - 12,2| + |12,3 - 12,2| + |12,0 - 12,2| + |12,2 - 12,2|}{5}$$

$$DM = 0,1$$

Al remplazar y calcular

- La medida del diámetro se expresa como $12,2 \pm 0,1$ y el error relativo es

$$\text{Error relativo} = \frac{DM}{\bar{x}} = \frac{0,1}{12,2} = 0,008$$

El error relativo 0,008 se expresa en términos de porcentaje como $\frac{0,1}{12,2} \cdot 100\% = 0,8\%$