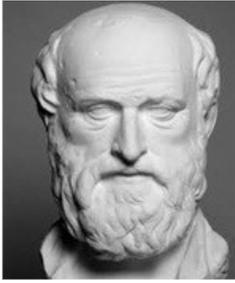


Física I



Eratóstenes

Clase 02. Medición y Cantidades Físicas

Los sentidos y la racionalidad del ser humano, le han dado la posibilidad de comparar cuantitativamente las cosas y los hechos que observa en su entorno. No es fácil determinar en qué momento de la historia el hombre comenzó a hacerlo, pero si sabemos que fue la noción que tuvo de espacio, tiempo, luz y la materia, y su necesidad de entender lo que sus sentidos captaban, lo que lo llevó al hecho de comparar y contar, que en esencia es el acto de la medición.

Ubiquémonos en la edad antigua, allí se inicia la civilización y desde ese momento el desarrollo y avance de la sociedad, los intercambios de bienes y las necesidades de desarrollo llevaron al hombre a enunciar, en la acción, el concepto de medida, realizando las primeras mediciones a partir de patrones muy rudimentarios.

No todo se puede medir, ejemplo de ello son el olor de un perfume, o el sabor de un rico mango, pero si es posible medir la longitud, o la masa de un objeto. Los cuerpos y eventos físicos (materia y luz), tienen muchas propiedades, unas se pueden medir y otras no, para la física son de interés fundamental las propiedades de los cuerpos y los fenómenos físicos que se pueden medir; al medirlos se obtiene una cantidad física y las relaciones que pueden existir entre estas cantidades generan nuevas cantidades físicas; las que no se pueden obtener con otras cantidades las denominamos fundamentales y las generadas por las relaciones entre cantidades fundamentales las llamamos cantidades derivadas.

La medición puede realizarse de manera directa o indirecta. Se conoce por medida directa el resultado de la comparación del cuerpo o fenómeno que se pretende medir con el patrón de medida elegido. Cuando la medición se realiza a través de relaciones matemáticas entre la cantidad que se quiere medir y otras cantidades físicas, el resultado se conoce como medida indirecta. Un ejemplo de una medida indirecta es la determinación de la circunferencia terrestre por Eratóstenes.

Sistema Internacional de Unidades (SI)

Las leyes de la física se expresan en término de cantidades que requieren una definición clara con el propósito de realizar mediciones. Existen algunas cantidades que son fundamentales entre estas están, la longitud, la masa, el tiempo y la temperatura. Para describir una cantidad física se debe definir una unidad de medida, y luego un patrón para esa cantidad.

Espacio

La primera norma de referencia para medición conocida fue el codo real egipcio. El cual estaba hecho de granito y tenía divisiones grabadas en su superficie. De esta manera cada civilización elaboró sus patrones de medición, así se establecieron el codo olímpico griego, el pie olímpico griego, el pie romano y el pie anglosajón. Una diversidad de criterios para medir los objetos y así una gran variedad de patrones surgieron; el pie, el palmo, el brazo, etc. Esto manifestó la necesidad de contar con un sistema de medición único.

En la última década del siglo XVIII, en los albores de la Revolución Francesa se inició la instauración del Sistema Métrico Decimal. La Asamblea Nacional Francesa en 1790, le encomendó a la Academia de Ciencias que creara este nuevo sistema. La historia de este proceso es rica en eventos tanto científicos como políticos. Existían dos problemas a resolver: Las relaciones entre las unidades y la necesidad de que las unidades no estuvieran relacionadas con características humanas, ejemplos: la pulgada y el pie, el codo.

Para solucionar el primer problema la comisión de distinguidos matemáticos no tenía dudas de que la relación debía ser decimal; propuesta hecha un siglo antes por el físico holandés Simon Stevin para la relación entre las unidades, así las unidades menores se obtienen dividiendo la unidad fundamental entre diez y sus múltiplos, y las unidades mayores se obtienen multiplicando la unidad fundamental por diez y sus múltiplos.

Lo que se discutía en cuanto el segundo problema, era si se tomaba como patrón la propuesta que hiciera en el año 1670 el padre Gabriel Mouton (1618-1694) de la unidad de longitud relacionar con el tamaño de la Tierra; o establecer la unidad, como la longitud del péndulo cuyo periodo es un segundo. El 19 de marzo de 1791 la comisión de la Academia anunció su decisión: la nueva unidad de longitud sería una diez millonésima parte de la distancia entre el polo y el ecuador, medida a lo largo del meridiano que pasa por Dunkerque y París, en Francia, y Barcelona, en España. A la nueva unidad de longitud se le dio el nombre de metro, derivado de la palabra griega metron que significa medir. El metro se redefinió como la distancia recorrida por la luz en el vacío durante un tiempo de $1/299\,792\,458$ second, es decir la distancia que recorre la luz en un segundo.

Tiempo

La física realiza sus definiciones de forma operacional, lo que significa definiciones que detallan los pasos necesarios para medir algo numéricamente. Hasta hace poco, la hora, los minutos y los segundos se definían operacionalmente en términos del tiempo requerido para que la Tierra girara sobre su eje. El segundo que es la unidad, se definía como la fracción $1/315.569.259.747$ de la duración que tuvo el año solar medio entre los años 1750 y 1890. Este patrón no era el mejor ya que la rotación de la Tierra se está desacelerando ligeramente, en 1967 el segundo se redefinió como el tiempo requerido para un cierto número de vibraciones de las ondas de luz emitidas por los átomos de cesio. Un segundo es la duración de $9.192.631.770$ oscilaciones de la radiación emitida en la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del isótopo 133 del átomo de cesio, a una temperatura de 0K. La nueva definición no solo promete permanecer constante indefinidamente, sino que para los científicos es una forma más conveniente de calibrar un reloj que tener que realizar mediciones astronómicas.

La Masa

La primera definición, decidida durante la Revolución francesa, especificaba que la unidad de masa, el kilogramo, era el equivalente de un decímetro cúbico (un litro) de agua destilada a una atmósfera de presión y 3,98 °C, una temperatura singular dado que es la temperatura a la cual el agua tiene la mayor densidad a presión atmosférica normal. Esta definición era complicada de realizar con exactitud, porque la densidad del agua depende levemente de la presión, y las unidades de presión incluyen la masa como factor, lo que introduce una dependencia circular en la definición. La masa está destinada a ser una medida de la cantidad de una sustancia, pero no es una definición operacional.

Hay una cantidad sorprendente de desacuerdos entre los libros de texto de física sobre cómo se debe definir la masa, pero así es como lo manejan realmente los pocos físicos que se especializan en mediciones de precisión ultra alta. Mantienen un objeto físico en París, que es el kilogramo estándar, un cilindro hecho de aleación de platino-iridio. El 16 de noviembre de 2018, la XXVI Conferencia General de Pesos y Medidas anunció que la definición del kilogramo pasaría a estar ligada con la constante de Planck; calibrando los distintos patrones del kilogramo repartidos por el mundo empleando una balanza de Watt, y el nuevo valor de la constante. La nueva definición entró en vigor el 20 mayo de 2019, quedando el patrón parisino como un estándar de masa secundario. La constante de Planck pasó a ser definida como $6,62607015 \times 10^{-34} \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$, quedando el kilogramo definido a partir de esta.

En el año de 1960, la Conferencia General de Pesas y Medidas y la Oficina Internacional de Pesas y Medidas acordaron la creación de un sistema internacional de unidades, conocido actualmente como el Sistema Internacional (SI), y popularmente conocido como sistema métrico. En la XIV Conferencia General de Pesas y Medidas, realizada en Francia en 1971, se seleccionaron siete cantidades físicas que forman la base del Sistema Internacional de Unidades. En la tabla se muestran estas cantidades y adicionalmente se incluyen dos cantidades auxiliares que son el ángulo plano y el ángulo sólido.

Cantidad	Unidad	Símbolo
Longitud	Metro	M
Masa	Kilogramo	Kg
Tiempo	Segundo	S
Corriente eléctrica	Amperio	A
Temperatura	Kelvin	K
Intensidad luminosa	Mol	mol
Cantidad de sustancia	Candela	Cd
Ángulo plano	Radian	Radian
Ángulo sólido	Esterorradian	sr

El sistema inglés de unidades

El sistema inglés, como todos los sistemas de pesas y medidas de Europa occidental, tiene su origen en el sistema romano. Por ejemplo, la milla romana era igual a mil “dobles pasos”

de los soldados romanos. Este doble paso equivalía como a cinco pies, por lo que una milla romana era igual precisamente a 5,000 pies romanos. En unidades modernas, la milla romana es, aproximadamente, igual a 1,480 metros. En el año 1593, la Reina Elizabeth I decidió que la milla inglesa (“milla estatutaria”) debía ser igual a 5,280 pies. En el sistema inglés actual, las unidades para la longitud son las siguientes:

Pulgada = 2.54 cm

Pie = 12 pulgadas

Yarda = 3 pies = 36 pulgadas

Milla = 1,760 yardas = 5,280 pies

Incertidumbre y cifras significativas

La medición nos permite conocer mejor nuestro entorno y con ella evitamos errores que suceden cuando se expresan juicios, conclusiones o se toman decisiones que no se apoyan en mediciones o en información soportada numéricamente. Pero toda medición implica un grado de error o incertidumbre en su resultado, es una parte integral de cada medida, y la capacidad de evaluarla durante el proceso de medición es fundamental.

Entre las fuentes más importantes de incertidumbre, están el grado de cuidado con que se efectúa la medición y la precisión limitada de cualquier instrumento de medición. Un error que se comete comúnmente, es el error de paralaje, ocurre cuando la dirección de la mirada de quien mide, no es perpendicular a la escala, es decir, hay un ángulo entre la dirección de la mirada y la dirección perpendicular a la escala. Otra fuente de incertidumbre, son los errores sistemáticos los cuales son causados por la mala calibración de los instrumentos de medición. La única manera de eliminar un error sistemático consiste en verificar la calibración del instrumento.

En una serie de mediciones, la mejor aproximación al valor verdadero de la cantidad medida la representa el valor medio, conociendo su valor es posible definir el error absoluto en cada medición particular, que será la diferencia entre el valor obtenido y el valor medio de esa serie de medidas. El error absoluto no brinda información suficiente sobre el significado verdadero del error, por esto se define el error relativo como el cociente entre el error absoluto y el valor medio de esa serie de medidas. El número de cifras significativas en una medida se puede utilizar para expresar algo sobre la incertidumbre

Se estableció que un balón de fútbol debe tener una circunferencia de 68 a 70 cm. Si tomamos el promedio de este rango y lo dividimos por π da un diámetro de aproximadamente 21.96338214668155633610595934540698196 cm. Los dígitos después de los primeros tienen poco sentido. Dado que la circunferencia podría haber variado aproximadamente un centímetro en cualquier dirección, el diámetro es borroso en algo así como un tercio de centímetro. Decimos que los dígitos adicionales aleatorios no son cifras significativas.

Si escribes un número con muchas cifras insignificantes gratuitas, muestra una falta de alfabetización científica y das a otras personas una mayor precisión de la que realmente tiene la medida que le suministras. Como regla general, el resultado de un cálculo tiene tantas cifras significativas, como el dato menos preciso que forma parte de ella. En el ejemplo con el balón de fútbol, no nos sirvió de nada saber π docenas de dígitos, porque el cuello de botella en la precisión del resultado fue la cifra de la circunferencia, que era dos dígitos. El resultado es 22 cm.

A menudo, los estudiantes copian los números de sus calculadoras con ocho cifras significativas de precisión, luego los vuelven a escribir para un cálculo posterior. Es una pérdida de tiempo, a menos que sus datos originales tengan ese tipo de precisión increíble.

Reglas sobre cifras significativas

1. Todas las cifras diferentes de cero son significativas
2. Los ceros que aparecen entre dos números diferentes de cero, son cifras significativas
3. Los ceros que aparecen a la izquierda del último número diferente de cero, no son cifras significativas
4. En un número sin decimales, los ceros a la derecha del número diferente de cero, no son cifras significativas; sin embargo, cuando se registra algún valor sobre la base de medidas reales, los ceros a la derecha del dígito distinto de cero se vuelven significativos. Ejemplo: $L = 30$ m, tiene dos cifras significativas; pero $L = 200$, tiene una.
5. En un número decimal, los ceros a la derecha del último número diferente de cero, son cifras significativas, ejemplo: 2,500 tiene cuatro cifras significativas
6. Las potencias de diez no se cuentan como cifras significativas
7. La conversión de unidades de una cantidad no cambian el número de cifras significativas. Ejemplo: 4.205 m; 4,205 km; $4,205 \times 10^5$ cm en todas el número de cifras significativas es cuatro

Las reglas sobre cifras significativas son solo reglas generales, y no sustituyen el pensamiento cuidadoso. Por ejemplo, $\$ 20.00 + \$ 0.05$ es $\$ 20.05$. No necesita ni debe redondearse a $\$ 20$.