Física - Física General - Mediciones y errores – 2024

Desde que se inicia el día, nos la pasamos midiendo: ¿a qué hora se ingresa a la facultad?, ¿en cuánto tiempo recorremos el camino?, ¿cuánto dinero necesitamos para hacer compras?, ¿cuántos puntos necesito para aprobar una asignatura?, ¿Cuántos litros de agua necesitamos para hacer un locro?, ¿cuántos metros cuadrados de azulejos tenemos que comprar para cubrir una superficie?, ¿cuánto pesa un recipiente? Y seguramente en estos cálculos, cometemos errores en la medición.

Recordemos antes:

1)Una magnitud es todo aquello que se puede medir y la Física (y otras ciencias) estudian esas magnitudes. Así, longitud, presión, tiempo, velocidad, densidad, etc., son magnitudes.

2)Las magnitudes que quedan determinadas en forma completa por un número y una unidad se denominan escalares (ejemplos: masa, volumen, etc.).

3)Las magnitudes que requieren además la especificación de dirección y sentido (y a veces también del punto de aplicación) para quedar completamente definidas, se denominan vectoriales (ejemplos: velocidad, aceleración, fuerza, etc.)

4)Medir es comparar una cantidad (**X**) de cierta magnitud con otra cantidad (**U**) de la misma especie que se toma arbitrariamente como unidad, de modo tal que se pueda asociar un número que expresa cuántas veces está contenida la unidad en la cantidad medida.

ERRORES EN LA MEDICIÓN

Al medir y comparar el valor verdadero o exacto de una magnitud y el valor obtenido siempre habrá una diferencia llamada error. (Si conociéramos el valor exacto...¡no tendríamos que medir!)

Por lo tanto al no existir una medición exacta trataremos de reducir al mínimo el error,

empleando técnicas adecuadas y aparatos o instrumentos cuya precisión nos permitan obtener resultados satisfactorios.

IM-POR-TAN-TE: Una forma de reducir la magnitud del error es **repetir el mayor número de veces posible la medición**, pues el promedio de las mediciones resultará más confiable que cualquiera de ellas individualmente. (Luego veremos esto del "promedio")

CLASES DE ERRORES EN LA MEDICIÓN

Estos errores se dividen en dos clases: sistemáticos y casuales.

Errores sistemáticos: estos errores se presentan de manera constante a través de un conjunto de lecturas realizadas al hacer la medición de una magnitud determinada. Se dan por una mala calibración en el aparato de medición, defecto del instrumento o por una mala posición del observador al realizar la lectura.

Errores casuales (o estocásticos o aleatorios): no se repiten regularmente de una medición a otra, sino que varían y sus causas se deben, por ejemplo, a los efectos provocados por las variaciones de presión, humedad, y temperatura del ambiente sobre los instrumentos, campos eléctricos o magnéticos, vibraciones en el piso donde se asienta el experimento y/o a factores personales del operador (estado de stress, cansancio visual, situación anímica) y otras desconocidas.

MEDICIONES Y ERRORES:

Lo dijimos antes: "*una forma de reducir la magnitud del error es repetir el mayor número de veces posible la medición, pues el promedio de las mediciones resultará más confiable que cualquiera de ellas individualmente.*"

Si a una misma magnitud se la mide varias veces, con el mismo instrumento y en las mismas condiciones, los resultados obtenidos seguramente serán distintos entre sí. Esto es natural en los procesos de mediciones de los fenómenos físicos. Si así no ocurriera hay que pensar que se eligieron inadecuadamente instrumentos y/o el método muy poco sensibles para la medición.

Lo que se dispone al finalizar una serie de experiencias, es un conjunto de "**n**" medidas de la magnitud "**x**" (**n** es la cantidad de veces que se midió), y debemos adoptar un único valor como resultado. A cada medición la simbolizaremos en general $\mathbf{x_i}$, con i tomando los valores 1, 2, 3...hasta **n** (i es un subíndice, sirve para enumerar). De esa manera tendremos las mediciones: $\mathbf{x_1}$, $\mathbf{x_2}$, ...$\mathbf{x_n}$. De acuerdo con la teoría de errores de medición, el mejor valor a adoptar es la media aritmética o promedio del conjunto de valores de las medidas, que se simboliza **x**. ¿Cómo se obtiene? Sumando todas las mediciones y luego dividiendo ese resultado por la cantidad de mediciones o sea **n**.

Simbólicamente: $\bar{x} = \dfrac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_n}{n}$

Ej. 1: Supongamos que medimos una temperatura 3 veces (o sea que **n** = 3) y obtuvimos:

$\mathbf{x_1} = 220{,}5\ °C \qquad \mathbf{x_2} = 224{,}3\ °C \qquad \mathbf{x_3} = 218{,}9\ °C$

Calculamos: $\bar{x} = \dfrac{220{,}5\,°C + 224{,}3\,°C + 218{,}9\,°C}{3} = \dfrac{663{,}7\,°C}{3} = 221{,}3\,°C$

Este valor de 221,3 °C adoptaremos (en Estadística se dice que es el representativo o más probable).

IMPORTANTE: aunque durante las clases se desarrolló como una estimación del error global de las mediciones al error absoluto, se aclara que aquí se explica el uso de otro valor, la desviación típica o estándar, que tiene mayor rigor matemático y que se aconseja fuertemente utilizar profesionalmente. Todos los ejemplos desarrollados también se refieren a la desviación típica.

Debemos tener una idea de la precisión con la que se han efectuado las mediciones. Dicho de otra manera: dar una idea general de cuánto se han desviado o dispersado las mediciones respecto de ese valor que adoptamos.

La Estadística (¡otra vez!) nos dice que eso se puede hacer con la **desviación típica o estándar**. La simbolizaremos con la letra griega sigma minúscula **σ**

Se calcula así: $\boldsymbol{\sigma} = \sqrt{\dfrac{\text{Suma de los cuadrados de los desvíos}}{\text{cantidad de mediciones} - 1}}$

Es más cómodo hacer los cálculos usando una tabla...

(continúa en la siguiente página)

	I) Medida x_i [en °C]	II) Diferencia o desvío individual (o sea de cada medición) $x_i - x$	III) Cuadrados de las diferencias o desvíos $(x_i - x)^2$
x1	220,5	220,5 – 221,3 = -0,8	$(-0,8)^2 = 0,64$
x2	224,3	224,3 – 221,3 = 3	$(3)^2 = 9$
x3	218,9	218,9 – 221,3 = -2,4	$(-2,4)^2 = 5,76$
Sumas	663,7	----------	15,4

Por lo tanto: $\boldsymbol{\sigma} = \sqrt{\frac{0,64 + 9 + 5,76}{3-1}} = \sqrt{\frac{15,4}{2}} = \sqrt{7,7} \approx 2,8$ °C

("≈" significa "aproximadamente)

La **desviación típica o estándar** podría decirse que es un promedio especial de las desviaciones.

El resultado de la medición se expresa así:

$$x = x \pm \boldsymbol{\sigma}$$

En nuestro ejemplo: **x = 221,3 °C ± 2,8 °C**... Así indicamos el valor que adoptamos y la estimación del error cometido. Esto puede traducirse a un intervalo:

[221,3°C – 2,8 °C; 221,3 °C + 2,8 °C] o sea: **[218,5 °C; 224,1 °C]** Estamos expresando que el valor real está dentro de ese intervalo.

IMPORTANTE: cuanto menor sea la desviación típica es más confiable la medición.

Otras manera de indicar una *estimación* (o sea una especulación basándonos en Matemática) del error pueden ser:

Error relativo = $\mathbf{E_{rel}} = \frac{\text{Desviación típica}}{\text{Valor adoptado}}$

Simbólicamente: $\mathbf{E_{rel}} = \frac{\sigma}{\bar{x}}$ Es un número adimensional ("sin unidades")

Error porcentual: es el error relativo multiplicado por cien, con lo cual queda expresado en porcentaje.

Error porcentual = $\mathbf{E_{porcentual} = E_{rel} \cdot 100}$

En nuestro ejemplo: $\mathbf{E_{rel}} = \frac{2{,}8\,°C}{221{,}3\,°C} = 0{,}01$

$$\mathbf{E_{porcentual}} = 0{,}01 \cdot 100\% = 1\%$$

Ej. 2:

Se midió la diferencia de potencial (también se lo suele llamar "voltaje" o "tensión") en un circuito eléctrico. Se registraron: $x_1 = 13{,}35$ V

$x_2 = 13{,}19$ V

$x_3 = 13{,}25$ V

$x_4 = 13{,}18$ V

$x_5 = 13{,}52$ V

$x_6 = 13{,}28$ V (se usa la unidad V = volt)

En este ejemplo se hicieron 6 mediciones, por lo tanto n = 6

	I) Medida x_i [en V]	II) Diferencia o desvío individual $x_i - x$	III) Cuadrados de las diferencias o desvíos $(x_i - x)^2$
x_1	13,35	13,35 – 13,30 = 0,05	0,0025
x_2	13,19	13,19 – 13,30 = - 0,11	0,0121
x_3	13,25	13,25 – 13,30 = - 0,05	0,0025
x_4	13,18	13,18 – 13,30 = - 0,12	0,0144
x_5	13,52	13,52 – 13,30 = 0,22	0,0484
x_6	13,28	13,28 – 13,30 = - 0,02	0,0004
	Suma de las cantidades medidas 79,77		Suma de las desviaciones al cuadrado 0,0803

Se adopta como valor verdadero o más probable a la media aritmética (llamada también promedio) de las mediciones:

$$x = \frac{79{,}77\,V}{6} = 13{,}30 \text{ V} \qquad \boldsymbol{\sigma} = \sqrt{\frac{0{,}0803}{6-1}} = \sqrt{\frac{0{,}0803}{5}} = \sqrt{0{,}016} \approx 0{,}13 \text{ V}$$

El resultado se presenta así:

$$x = 13{,}30 \text{ V} \pm 0{,}13 \text{ V}$$

esto se interpreta como que el valor verdadero está dentro del intervalo:

[13,17 V ; 13,43 V]

También se calcula el error relativo:

$$e_{RELATIVO} = \frac{\sigma}{\overline{x}} = \frac{0{,}13\,V}{13{,}30\,V} = 0{,}01$$

(como una proporción respecto del valor adoptado como verdadero). Se lo suele expresar también como un porcentaje, multiplicando por 100%:

$$e_{PORCENTUAL} = 1\ \%$$

Ej. 3:

Se midió la corriente eléctrica en un circuito:

Se registraron: x1 = 366,43 mA

x2 = 367,05 mA

x3 = 366,25 mA

x4 = 366,14 mA

x5 = 367,18 mA

x6 = 366,02 mA

x7 = 366,45 mA

x8 = 366,07 mA

(se usa la unidad mA = miliampere)

En este ejemplo se hicieron 8 mediciones, por lo tanto n = 8

	I) Cantidad medida [mA]	II) Desviación $x_i - x$	III) Desviación al cuadrado $(x_i - x)^2$
x1	366,43	366,43 – 366,45 = -0,02	0,0004
x2	367,05	367,05 – 366,45 = 0,60	0,3600
x3	366,25	366,25 – 366,45 = -0,20	0,0400
x4	366,14	366,14 – 366,45 = -0,31	0,0961
x5	367,18	367,18 – 366,45 = 0,73	0,5329
x6	366,02	366,02 – 366,45 = -0,43	0,1849
x7	366,45	366,45 – 366,45 = 0,00	0,0000
x8	366,07	366,07 – 366,45 = -0,38	0,1444
	Suma de las cantidades medidas 2 931,59	– – – – – – – – – – –	Suma de las desviaciones al cuadrado 1,3587

Se adopta como valor verdadero a la media aritmética (llamada también promedio) de las mediciones:

$$x = \frac{2931{,}59\,mA}{8} = 366{,}45 \text{ mA} \qquad \boldsymbol{\sigma} = \sqrt{\frac{1{,}3587}{8-1}} = \sqrt{0{,}1941} \approx 0{,}44 \text{ mA}$$

El resultado se presenta así:

$x = 366{,}45 \text{ mA} \pm 0{,}44 \text{ mA}$

esto se interpreta como que el valor verdadero está dentro del intervalo:

$$[366{,}01 \text{ mA} ; 366{,}89 \text{ mA}]$$

También se calcula el error relativo:

$$e_{REL} = \frac{\sigma}{\bar{x}} = \frac{0{,}44\,mA}{366{,}45\,mA} = 0{,}0012$$

(como una proporción respecto del valor adoptado como verdadero). Se lo suele expresar también como un porcentaje, multiplicando por 100%:

$$e_{PORCENTUAL} = 0{,}12\ \%$$