



UNIVERSIDAD LIBRE - SECCIONAL BARRANQUILLA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BASICAS
PROGRAMA: FISIOTERAPIA
LABORATORIO DE BIOFISICA

ERRORES EN LAS MEDICIONES.

EXPERIENCIA No. 1

Competencias a desarrollar en el estudiante:

1. Reconocer las características principales de los aparatos de medida.
2. Emplear adecuadamente algunos instrumentos de medida.
3. Expresar correctamente los números obtenidos en la medición.
4. Procesar los errores en diferentes tipos de medidas.

Información Teórica

Errores Sistemáticos y Aleatorios

Al hacer mediciones de cualquier variable los resultados experimentales tienen, inevitablemente, errores por diversas causas. Por su origen los errores se clasifican en sistemáticos y aleatorios.

Los errores sistemáticos son aquellos que permanecen constantes en el curso de un experimento y están asociados con los instrumentos de medición o que tienen relación con la técnica utilizada para hacer la medición. Por ejemplo, si un termómetro sumergido en una mezcla de agua destilada y hielo (a presión de una atmósfera) marca 0.5° C, obviamente no está calibrado correctamente y todas las mediciones de temperatura que hagamos con dicho termómetro presentarán una desviación sistemática respecto a las mediciones hechas con otro termómetro debidamente calibrado. La principal característica de los errores sistemáticos es que el grado de error que introducen es siempre el mismo. Gran parte del esfuerzo por mejorar los aparatos de medida o del experimento consiste en la reducción de este tipo de errores.

Los errores aleatorios o al azar se presentan por un gran número de variaciones impredecibles y desconocidas en la situación experimental dada, son consecuencia del comportamiento combinado de los aparatos de medida, del sistema observado y de nuestros sentidos. Es una verdad del trabajo experimental que cuando una misma persona realiza la misma medición varias veces, con el mismo instrumento y en las mismas condiciones, obtiene diferentes resultados. Por esto se introduce como postulado fundamental de la teoría de errores que en todo proceso de medición se genera un conjunto de números aleatorios. Entre estos errores se destacan los errores de apreciación y los provenientes de pequeñas variaciones de las condiciones del experimento. Ejemplos de variaciones aleatorias son los cambios de temperatura, las vibraciones en el piso, paredes o en el aire, etc. El error aleatorio es inversamente proporcional al número de veces que se repita la medida. De aquí se deduce una consecuencia práctica: toda medida, dentro de las posibilidades debe repetirse varias veces para reducir el error aleatorio.

Cálculo del error de una medida individual

I. Error en la medida directa de una cantidad

Cuando se usan aparatos poco sensibles, la repetición de las medidas dará lugar todas las veces al mismo resultado; en este caso es inútil tomar muchas medidas. Así, si se mide la longitud de una hoja de papel usando una regla milimétrica (precisión de mm), casi todas las medidas, si están bien tomadas, darán el mismo resultado.

También, no siempre es posible repetir varias veces una medida. Por ejemplo, cuando se realiza el seguimiento experimental de la variación de la temperatura de algún sistema con el curso del tiempo solo es posible obtener un valor en cada instante. Por estas razones es indispensable formular una teoría de los errores de medidas individuales.

Sea X el “valor verdadero” de una cantidad medida, y sea “ x ” el valor obtenido en una medida. El error en la medida será $X - x$. Esta diferencia puede ser mayor o menor que cero debido al carácter aleatorio de la medida; por esto se define el error absoluto:

$$E = |X - x|$$

Surge la siguiente pregunta: ¿cómo es posible calcular el error absoluto cuando no sabemos cual es el “valor verdadero”? Por esto, en la práctica, el error absoluto se define no en relación a una medida particular con resultado x sino en relación a una medida arbitraria.

Se define como límite superior para todos los posibles $|X - x|$ a cierto Δx tal que para cualquier x se cumple

$$E = |X - x| \leq \Delta x$$

A Δx se le denomina límite superior del error absoluto o simplemente límite del error absoluto.

La cantidad Δx no está determinada única porque si Δx satisface la desigualdad $E = |X - x| \leq \Delta x$, cualquier otro $(\Delta x)'$ tal que $(\Delta x)' \geq \Delta x$ también satisface. Por tanto más que hallar un límite superior se trata es de hallar el límite superior mínimo. El límite superior mínimo sólo depende del instrumento de medida usado y de la definición del redondeo de los resultados experimentales. Por tanto, si por algún método se ha determinado a Δx , entonces el “valor verdadero” X de la cantidad satisface la desigualdad: $X = x \pm \Delta x$ donde x es el resultado experimental y Δx es el límite superior mínimo del error absoluto.

Entonces, la cantidad Δx en una medida individual depende solamente del instrumento.

Las divisiones pequeñas en una escala de un instrumento se denominan “**finas**” si están separadas menos de 1 mm y “**gruesas**” si están separadas más de 1 mm. En escalas finas se toma Δx como la división de la escala más pequeña (o sea la precisión del instrumento); y en escalas gruesas se toma Δx como la mitad de la división de la escala más pequeña. La razón de esto es que el ojo humano tiene capacidad de distinguir dos puntos próximos separados unos 0.1 mm.

Más indicativo que el error absoluto $E = |X - x|$ es el llamado error relativo definido por:

$$E_r = \frac{E}{|X|} = \frac{|X - x|}{|X|}$$

y el error relativo porcentual definido por

$$\%E = \frac{E}{|X|} \times 100\% = \frac{|X - x|}{|X|} \times 100\%$$

Se definen también el límite superior del error relativo: $E_r = \frac{\Delta x}{|X|}$ y el límite superior del error relativo porcentual:

$$\%E_r = \frac{\Delta x}{|X|} \times 100\%$$

Para simplificar en vez de límite superior del error absoluto, límite superior del error relativo E_r y límite superior del error relativo porcentual $\%E_r$ en lo sucesivo emplearemos respectivamente las expresiones error absoluto, error relativo y error relativo porcentual.

Es importante señalar que Δx se expresa en las unidades de la cantidad medida, E_r es adimensional y $\%E_r$ se expresa en porcentaje.

II. Error en la medida indirecta de una cantidad

Se evalúa una cantidad por medio de una medida indirecta, o sea esta cantidad depende funcionalmente de otras cantidades que se determinan experimentalmente. Un ejemplo de dependencia de este tipo es la definición de densidad: $D = \frac{M}{V}$ donde M es la masa y V es el volumen que ocupa, son determinados directamente del experimento, mientras la densidad se calcula mediante una expresión algebraica (medida indirecta).

Se realizan medidas de cada una de las cantidades, por ejemplo en el caso de densidad, M y V , se obtendrán ciertos valores m y v , cada uno con un error absoluto Δm y Δv . En consecuencia se obtendrá para el valor de d :

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

¿cómo se obtiene para el error absoluto de d , o sea Δd ?

Como referencia damos las expresiones para los errores absolutos en algunas funciones simples más usadas:

Nº	Expresión algebraica	Expresión para el error absoluto
1	$Z = x \pm y$	$\Delta z = \Delta x \pm \Delta y$
2	$Z = x \cdot y$	$\Delta z = x \cdot \Delta y + y \cdot \Delta x$
3	$Z = \frac{x}{y}$	$\Delta z = \frac{x \cdot \Delta y + y \cdot \Delta x}{y^2}$
4	$Z = \sqrt{x}$	$\Delta z = \frac{\Delta x}{2\sqrt{x}}$
5	$Z = \ln(x)$	$\Delta z = \frac{\Delta x}{x}$
6	$Z = x^n$	$\Delta z = nx^{n-1} \cdot \Delta x$

Entonces, para el cálculo del error absoluto de la densidad se utiliza la tercera formula. Estas formulas son validas para el cálculo del error cuando se realiza una única medida, y son aplicables también en el caso de medidas repetidas cuando no exista correlación entre las variables x y y .

III. Cálculo del error en una cantidad medida varias veces

Cuando una medida se realiza varias veces, utilizando un instrumento de gran sensibilidad, precisión y exactitud (por ejemplo, tornillo micrométrico), se encontraran resultados diferentes al repetir las medidas y el error se disminuye a medida que se aumenta el número de repeticiones de la medida.

El resultado en este caso depende no solo del instrumento sino de consideraciones de naturaleza estadística. Supongamos que al medir n veces una cierta cantidad física X , en idénticas condiciones, se obtiene una serie de n valores $x_1 x_2 \dots x_n$.

El valor medio es el más simple e importante de los indicadores para caracterizar como un todo a un conjunto muestral. La mayoría de los x_i tienen un valor que es cercano al valor medio.

La definición del valor medio que más frecuentemente se usa es la media aritmética o valor medio arit-mético. La media aritmética del conjunto de medidas repetidas se define mediante la relación:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$$

Igual que en el caso de medidas individuales se desea expresar el resultado del conjunto de medidas repetidas en la forma:

$$X = \bar{x} \pm \Delta x$$

La cantidad Δx se puede relacionar con el "ancho" de la distribución. Si el Δx no es muy grande, el ancho podrá definirse como el valor absoluto de la mayor distancia entre un dato y la media. Es decir, puede tomarse como mayor valor entre $|x - x_{min}|$ y $|x - x_{max}|$.

Es importante anotar, que el desarrollo completo estadístico de la determinación de los errores absolutos se verán en el curso especializado de Bioestadística.

Instrumentos de medida

Las características básicas de un instrumento relacionadas con la calidad de los resultados de una medida son: la exactitud, la sensibilidad, la precisión y la fidelidad.

Algunas de estas características se expresan cuantitativamente mediante parámetros tales como: el rango de la escala, la constante del instrumento, etc.

“**El rango de la escala**” $[x_m]$ depende de la escala utilizada y se define igual a la diferencia entre el máximo (x_{max}) y el mínimo (x_{min}) valor que se pueden leer en la escala dada del instrumento, es decir

$$x_m = x_{max} - x_{min}$$

“**La constante del instrumento**” $[C]$ expresa el valor de la mas pequeña división de la escala. Un instrumento es más “sensible” mientras mas pequeña sea (C) . Por esto se define la **sensibilidad** de un instrumento como:

$$S = \frac{1}{C}$$

Un instrumento es muy “**exacto**” si el error instrumental es muy pequeño.

Un instrumento es “**preciso**” si diferentes observadores leen el mismo valor de una cantidad.

Un instrumento es “**fiel**” si sus características no cambian apreciablemente con el tiempo.

La sensibilidad, la exactitud, la precisión y la fidelidad de un instrumento dado son elementos independientes. Por esto un instrumento puede ser preciso pero no exacto, sensitivo pero impreciso, exacto pero insensible, etc.

Materiales

1. Regla
2. Balanza
3. Hoja de tamaño carta.
4. Pesa de masa tabulada.
5. Dos cuerpos de masa desconocida

Procedimiento

1. Determine para cada uno de los instrumentos de medida (regla, balanza) las cantidades siguientes:
Rango de escala, la constante del instrumento y la sensibilidad. Anote en la tabla 1.
2. Analice la precisión, la fidelidad y exactitud de cada instrumento y anote en la tabla 1.
3. Escoja una hoja de papel de tamaño carta y la regla para hacer las siguientes medidas, colocando el error absoluto: A = Ancho de la hoja, B = Largo de la hoja. Anote en la tabla 2.
4. Determine mediante la balanza la masa tabulada y la masa de un cuerpo ligero de masa desconocida, colocando el error absoluto y anote los resultados en la tabla 2.
5. Escoja otro cuerpo, más pesado, y cada estudiante del grupo realiza su respectiva medición de masa de este cuerpo en la balanza. Todos los resultados obtenidos se anotan en la tabla 3.

Tabla de datos experimentales

Tabla 1. Características de los instrumentos de medición:

Características	Regla	Balanza
Rango de la escala		
Constante (C)		
Sensibilidad (S)		
Precisión		
Fidelidad		
Exactitud		

Tabla 2. Medidas directas de una cantidad

Magnitud	Resultado de la medida	Error absoluto (Δx)
Ancho de hoja (A)		
Largo de hoja (B)		
Masa tabulada		
Masa de cuerpo ligero		

Tabla 3. Medidas repetidas

Magnitud	Resultados de mediciones				
	1	2	3	4	5
Masa del cuerpo pesado					

Cálculos y Análisis

1. Calcule los errores absolutos, relativos y porcentuales del ancho y largo de la hoja, teniendo en cuenta los valores verdaderos como los de las normas ICONTEC.
2. Determine el área de la hoja y el error del cálculo.
3. Calcule el valor medio de la masa de medidas repetidas y también sus errores respectivos.

Observación:

Para realizar estos cálculos consulte la parte teórica de la guía.

Conclusiones

Finalmente elabore las conclusiones principales de su experimento (solo se aceptan conclusiones que se deduzcan en forma lógica del experimento).

References

- [1] TOBON, Ramiro. *Introducción a las Medidas y Graficas*. Universidad del Valle. División de Ciencias. Multitaller de materiales didácticas. Cali, 1979.
- [2] MAHECHA GOMEZ, Jorge. *Manual de Laboratorio de Física I(Mecánica)*. Ed: Universidad de Antioquia. Medellín. 1992
- [3] SIMON G.G. Mac DONALD, DESMOND M.BURNS. *Física para las ciencias de la vida y de la salud*. Ed.: Addison-Wesley Iberoamericana, S.A. 1989.
- [4] A.H.Cromer. *Física para las ciencias de la vida* Libro básico, Editorial Reverté, 1974.
- [5] J.D.Wilson. *Física con aplicaciones*. Editorial McGRAW-HILL