

Práctica de Mediciones e Incertezas

Objetivos	2
Pre - requisitos para realizar la práctica	2
Bibliografía recomendada en referencia la modelo teórico	2
Competencias que el alumno puede desarrollar	2
Introducción teórica	3
Mediciones directas	4
Valor representativo e incertezas	4
Tabla ejemplo de mediciones directas	7
Mediciones indirectas	9
Desarrollo de la práctica	11
Materiales	11
Procedimiento y recomendaciones	11
Análisis de resultados y conclusiones	14

Determinación de la densidad de un cuerpo por distintos métodos e instrumentos y su expresión con sentido físico.

- ✓ **Realización de mediciones directas.**
- ✓ **Cálculo de mediciones indirectas.**
- ✓ **Estimación de cifras apropiadas de una constante.**
- ✓ **Comparación de resultados.**
- ✓ **Expresión de la densidad con sentido físico.**

(Completar los datos con este título en la carátula, considerando las pautas de la guía de presentación de informes y las indicaciones de los docentes del respectivo turno).

[ir a realización de la práctica]

Pre-requisitos para realizar la práctica

- ✓ Fórmulas de volúmenes para diferentes cuerpos geométricos regulares.
- ✓ Expresión de la densidad de un material.
- ✓ Diferencia entre peso específico y densidad.
- ✓ Lectura de la introducción teórica de la práctica.

Bibliografía en referencia a los conceptos teóricos del tema

Baird, D. C., *Experimentación (Una introducción a la teoría de mediciones y al diseño de experimentos)*, capítulo 2, México, Prentice Hall Iberoamericana, 1991.
Disponible en la biblioteca del 3er piso.

“Guía de problemas” “62.01.15” - Física I. CEI. Agosto 2006.

García, Ángel Franco, Física con ordenador. Uso del calibre, www.sc.ehu.es/sweb/fisica/default.htm

Bibliografía complementaria

Alonso, M y Finn, E., *Física vol. 1*, México, Addison-Wesley Iberoamericana, 1986 o posteriores.

Castiglioni- Perazzo- Rela, *Física 1*, Buenos Aires, Ed. Troquel, 1981 o posteriores.

Competencias que el alumno puede desarrollar:

- Analizar las diferencias que se obtienen al medir el mismo objeto con instrumentos distintos.
- Identificar y analizar las fuentes de incertezas que intervienen en un proceso de medición directa.
- Propagar incertezas en mediciones indirectas. Criterios para minimizarlas.
- Adquirir habilidades para el manejo de instrumentos de medición (calibre, balanza, probeta graduada, etc).
- Adquirir un lenguaje acorde con la disciplina desarrollada y capacidad para informarlo en forma escrita y oral.

Introducción teórica

A diferencia de lo que ocurre en matemática, las cantidades que se emplean para describir fenómenos naturales no son exactas.

La experimentación comprende el proceso de identificar una porción del mundo que nos rodea y medir es comparar mediante patrones las magnitudes físicas con el fin de cuantificar nuestra experiencia del mundo exterior.

Estas cantidades originales deben ser obtenidas por medición directa mediante procesos de interacción entre un observador, sus instrumentos de medición, los elementos del fenómeno observado y las condiciones del laboratorio. El esquema general de la **medición directa** está dado en la figura 1

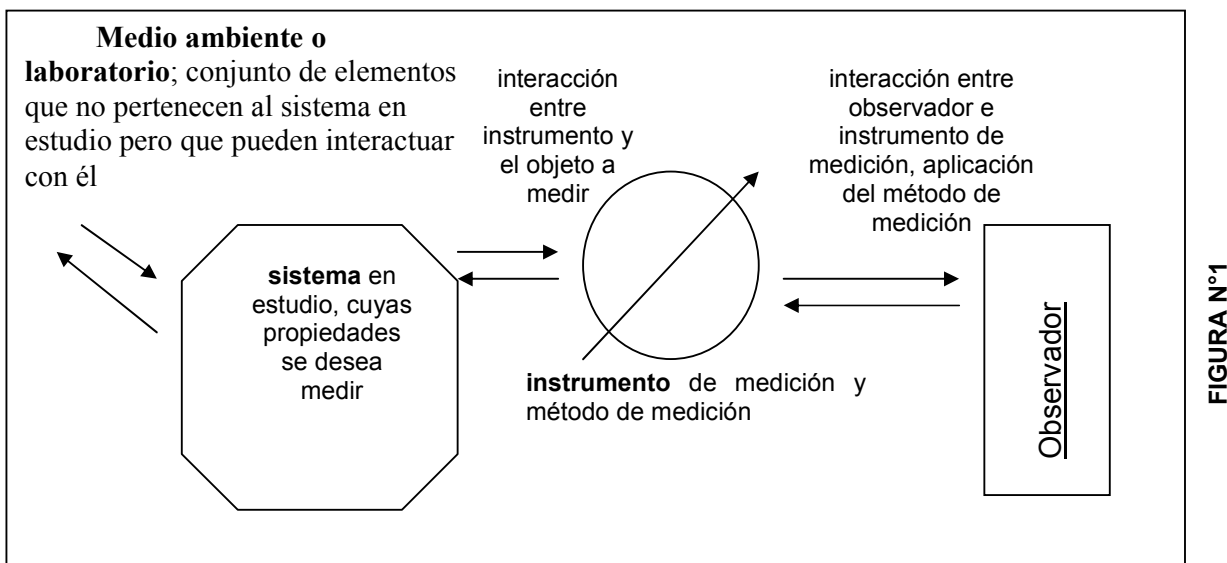


FIGURA N°1

Cada interacción, cuando está clara y precisamente **protocolizada**, define un tipo de magnitud. Así, por ejemplo, la longitud de un cuerpo está definida por una serie bien determinada de pasos que hay que seguir mediante el uso de una regla graduada, calibre, u otro instrumento, para generar los números que indican la longitud de ese cuerpo. Estos números surgen de la comparación, que mediante el instrumento, se hace con un patrón adoptado por convención y que tiene las mismas características de la magnitud física que se desea medir. El conjunto de pasos es el protocolo que define a la longitud.

Así la medida obtenida debe constar de elementos que:

- cuantifiquen la magnitud
- informen de la indeterminación con que midió
- indiquen la unidad utilizada o patrón con que se calibró el instrumento.

Si bien, en los cursos de Física I se estudia la Física Clásica, una medición no puede conducir a un número exactamente, puesto que:

- la magnitud a medir no está nítidamente definida
- el protocolo que define la magnitud trae aparejadas indeterminaciones intrínsecas.
- el instrumento no está exento de incertezas
- el instrumento influye sobre el sistema en estudio
- el experimentador influye sobre el objeto de estudio
- en general cada uno de los elementos esquematizados en la figura 1, y cada una de las interacciones entre ellos, arrastran una indeterminación.

Medición directa: [ver medición indirecta]

Medimos en forma directa, cuando la lectura se hace en un instrumento aplicado a medir la magnitud deseada.

Ejemplo: longitud con una cinta métrica, corriente eléctrica con un amperímetro, temperatura con un termómetro.

- **Clasificación de incertezas**

Sistemáticas:

Son siempre prácticamente iguales y afectan a la medida en determinado sentido, son del mismo signo.

Podemos decir que sus causas son:

- errores de calibración del aparato de medición.
- utilización de un instrumento apto, pero inadecuado para la medida que se desea realizar. (“fuera de clase”)
- utilización de suposiciones teóricas defectuosas.
- empleo de información no adecuada.

Es posible ponerlos de manifiesto y aplicar las correcciones que los eliminen.

Por ejemplo:

Un mal ajuste de cero.

Una persona que al operar un cronómetro, sistemáticamente lo accione 1/10 seg después del suceso.

Accidentales o Casuales:

Los errores accidentales afectan nuestras mediciones en valores indeterminados, dentro de ciertos límites, por exceso o por defecto con la misma probabilidad.

Sus posibles causas son:

- el observador que comete pequeños errores de apreciación al leer los instrumentos.
- el instrumento de medida que soporte eventualmente alguna tensión, deformación u oscilación.
- variaciones pequeñas de las condiciones ambientales del laboratorio.

Éstos serán considerados y comprendidos en el intervalo que exprese nuestra medida.

- **Valor representativo e incertezas**

En el caso más general al tomar unas pocas medidas del objeto, se obtienen como resultado dos números, la cota máxima y mínima de un intervalo que llamamos de “intervalo de indeterminación”.

Pueden presentarse otros casos, para ellos procederemos en forma diferente, fundamentada para dicho caso particular.

Por ejemplo:

- ***Lectura de un mismo valor en todas las medidas.***
- ***Lectura de un valor reiteradamente, salvo alguna excepción.***

Intervalo de indeterminación: $X_M - X_m$

Valor medio: $X_0 = (X_M + X_m)/2$

Error o incerteza absoluta $|X_M - X_m|/2 = \Delta X$

La medición se expresa entonces: $X = X_0 \pm \Delta X$

- **Análisis de una medición directa**

Habíamos dicho que una magnitud queda definida por el protocolo establecido. El establecimiento de un protocolo no es sencillo y de hecho en el mundo existen institutos especializados que homologan las mediciones hechas de acuerdo a protocolos rigurosísimos. (<http://www.cenam.mx/> o nuestro IRAM, e INTI)

Por ejemplo, analicemos el caso de la longitud. Establezcamos los siguientes pasos:

1. Se define la varilla OM como unitaria
2. Se coloca el cero de dicha varilla en el punto I del objeto a medir.
3. Se itera hasta obtener $L = IF/OM$
(L= longitud de la varilla IF expresada en unidades de OM)



Veamos ahora cómo la pretendida definición de esta medida de longitud, tiene ciertas deficiencias:

1. Si hacemos dos varillas distintas, pero de igual longitud y luego cambiamos la temperatura, la presión, o cualquier otro parámetro, vemos que ya no son iguales. De esto inferimos que la longitud definida más arriba es variable y depende de estos parámetros.
2. Podremos mejorar nuestra definición explicitando la necesidad de mantener los parámetros constantes, pero nos veremos limitados por sus fluctuaciones, hecho inevitable en el mundo físico. Estudios posteriores en el mejor de los casos podrán correlacionar la variación de los parámetros con las variaciones de nuestra medición.
3. La definición de los extremos, tanto del patrón de medida como del objeto a medir, es otro de los factores a tener en cuenta. Si bien podemos hacer más nítidas las marcas extremas, la misma naturaleza discontinua de la materia impide idealizar el proceso, haciéndolo tender a una supuesta perfección.
4. La división del patrón de medida OM también está limitada por la definición de las marcas intermedias, y por la exactitud del método utilizado para hacer la partición.

Estos aspectos iniciales nos permiten plantear una diferenciación neta entre:

La idealización progresiva del protocolo y el perfeccionamiento tecnológico necesario para obtener un patrón primario cada vez más preciso (por ejemplo, pasar del metro patrón definido sobre una barra de metal a una unidad de longitud que tenga como base la longitud de onda de determinada sustancia).

La utilización en la práctica ingenieril de un instrumento real y concreto.

Lo primero que debemos saber antes de realizar una medición es conocer el uso que le vamos a dar al resultado de la misma.

Esta aplicación, es la que nos va a orientar sobre cuál es la máxima incerteza aceptable para el resultado. En base a eso, seleccionaremos el instrumental y tendremos en cuenta las condiciones en las que realizamos la medición.

Recordemos que no siempre es conveniente medir con “la mayor precisión posible”, medir en forma muy precisa es caro y lleva tiempo, así que el ingeniero siempre deberá evaluar el método más conveniente para el uso posterior que se vaya a hacer de la medición.

Retomamos el ejemplo:

- a. Si suponemos inicialmente un instrumento ideal midiendo un objeto ideal, sólo habrá indeterminaciones debidas a la coincidencia del “0” (cero) y a la fracción leída. **Este conjunto constituye lo que se denomina error o indeterminación de lectura ε_L .** Dos mediciones serán iguales en estos casos, si difieren a lo sumo en ε_L .

- b. Si suponemos ahora un instrumento real midiendo un objeto ideal, además de lo descrito en el caso “a”, se le agrega la indeterminación de la **clase** intrínseca del instrumento ε_C , fijada por la calidad de sus elementos constructivos (envejecimiento, estabilidad térmica, estabilidad mecánica, ajuste de piezas, rozamiento de ejes, . . .). Aplicando un criterio de mayoración, para ponernos del lado de la seguridad, tendremos que la indeterminación debida al instrumento es:

$$\varepsilon_I = \varepsilon_L + \varepsilon_C$$

Un instrumento bien construido es aquél que el ε_L es del mismo orden que el ε_C ; puesto que no tendría sentido poner una escala grosera en un instrumento de muy buena calidad constructiva ($\varepsilon_L \gg \varepsilon_C$), ni minimizar los errores de lectura en un instrumento de calidad mediocre ($\varepsilon_L \ll \varepsilon_C$).

Por ejemplo la regla milimetrada ideal tiene una indeterminación de lectura $\varepsilon_L = \pm 0,5\text{mm}$, pero la indeterminación total debida al instrumento real es $\varepsilon_I = \pm 1\text{mm}$.

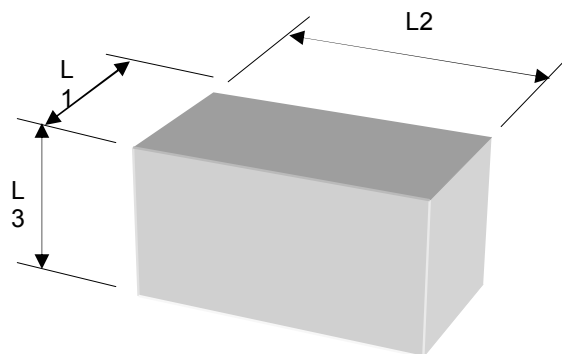
- c. Si suponemos por último un instrumento real midiendo un objeto real, agregaremos las **variaciones fluctuantes** “ V_F ”, debidas: a la propia naturaleza del objeto a medir, a las influencias del medio ambiente y a las interacciones con el observador y con el propio instrumento.

Tendremos en cuenta que si ε_I es del orden de V_F , no se podrán apreciar estas variaciones. **Sólo se pondrán en evidencia cuando $\varepsilon_I \ll V_F$, entonces será válido utilizar el criterio con el intervalo de indeterminación: $X_M - X_m$ del que hablamos inicialmente.**

En otros casos cuando $\varepsilon_I > V_F$ o $\varepsilon_I = V_F$ se deberá adoptar ε_I como error absoluto de la medición directa.

Tabla ejemplo de mediciones directas, para el caso de un cuerpo con forma de paralelepípedo:

Instrumento: Micrómetro – Mínima división: 0.01 mm			
Medición	Valores medidos		
	L1	L2	L3
	mm	mm	mm
1	36.15	63.21	41.85
2	36.09	63.15	42.00
3	36.15	63.10	41.90
4	36.18	63.21	41.85
5	36.15	63.00	41.88
6	36.10	63.20	41.96
Moda	36.15	63.21	41.85
valor medio	36.13 5	63.10 5	41.92 5
Promedio	36.13 67	63.14 5	41.90 67
Incertidumbre	0.055	0.115	0.085
Valor final	36.15 ± 0.06	63.11 ± 0.12	41.92 ± 0.09



Comentarios sobre los valores de la tabla:

La tabla muestra los valores medidos para cada uno de los lados del paralelepípedo. De cada columna se consideró la incertidumbre global del proceso como la semidiferencia entre el valor máximo medido más la mínima división del instrumento y el valor mínimo medido menos la mínima división del instrumento. Observar que la incertidumbre del proceso de medición es muy superior a la mínima división del instrumento. Este valor es más realista como representativo de la incerteza cuando las fluctuaciones son mayores o iguales al error de lectura del instrumento.

El valor representativo de la medición directa puede ser adoptado según los siguientes conceptos:

Moda: es el valor medido que más frecuentemente se repite en la columna de la tabla.

Promedio: es la suma de los valores medidos en la columna de la tabla, dividido la cantidad de valores (Cap.3-Baird).

Valor medio: semisuma entre el valor máximo medido más la mínima división del instrumento y, el valor mínimo medido menos la mínima división del instrumento.

[Así para L1: $(36.19 + 36.08) / 2 = 36,135$ mm]

La moda se adoptó para L₁ pues ocurre este valor en el 50% o más de las mediciones realizadas. El valor medio tiene la propiedad de ser el centro del intervalo de incerteza sin dejar fuera de este intervalo a ninguno de los valores medidos. El promedio tiene la propiedad de ser el valor representativo que matemáticamente se puede justificar mediante estadística, si se supone una distribución Gaussiana de la muestra y sus indeterminaciones.

La expresión correcta de estas mediciones constará de: valor representativo; valor de incerteza; unidades de medida de la magnitud que se trate.

En nuestro caso:

$$L1 = (36.15 \pm 0.06) \text{ mm}$$

$$L2 = (63.11 \pm 0.12) \text{ mm}$$

$$L3 = (41.92 \pm 0.09) \text{ mm}$$



Representación Gráfica:

Se suele utilizar la recta real para hacer gráficos de intervalos de medición. Veremos luego que esta representación permite un método ágil de comparación de mediciones.

Cifras significativas

La expresión de las **incertezas** se hará preferentemente con una sola cifra significativa, esto es un solo dígito no nulo. Solamente en casos excepcionales se adoptará con dos cifras significativas. Los **valores representativos** se expresan con tantas cifras significativas según se haya considerado la incerteza, hasta la posición decimal mínima que coincida con la posición decimal más hacia la derecha, con que se ha expresado la incerteza. La última cifra significativa del valor representativo y de su incerteza expresados en las mismas unidades, deben corresponder al mismo orden de magnitud (... , centenas, decenas, unidades, décimas, centésimas,...)

Exactitud y Precisión

Al concepto de exactitud, debemos diferenciarlo del concepto de precisión.

Precisión está vinculado con la pequeña amplitud del intervalo de incertezas y la sensibilidad del instrumento, aunque el valor representativo de la medición no coincida con los estándares o valores homologados por los laboratorios o instituciones que se dediquen a medir cierto sistema.

En cambio **exactitud** está vinculado a la mayor coincidencia que se logre en el valor representativo, con los estándares o valores homologados por los laboratorios o instituciones que se dediquen a medir cierto sistema sobre estándares internacionales, aunque la amplitud del intervalo de incertezas sea muy grande.



Incerteza relativa; incerteza relativa porcentual

Si queremos saber cuán significativa es la incerteza absoluta frente al valor representativo que se ha medido, podemos definir **incerteza o error relativo**. “ ϵx ”

$$\epsilon x = \Delta X / X_0 \text{ (error relativo = error absoluto/valor representativo).}$$

El error relativo se suele expresar en términos porcentuales y siempre es adimensional.

Esta incerteza relativa muchas veces se adopta como indicador de la precisión de la medida. Decimos que a menor error relativo mayor es la precisión del proceso de medición realizado.

Podemos comparar errores relativos de distintas magnitudes, debido al hecho de que esta incerteza es adimensional.

Valores tabulados, números irracionales

Consideremos el número π . Si encontramos en una tabla o en un display de calculadora que su valor es: 3,1415927, esto no significa que sea ése exactamente su valor, sino que es el número más cercano “redondeado”. El valor de π se encontrará en el intervalo [3,14159265; 3,14159275], si asumimos que el redondeo se ha hecho simétricamente.

Análogamente si buscamos en una tabla la densidad del acero y encontramos que su valor es 7,85 kg/dm³, esto significa que su valor estará dentro del intervalo [7,84; 7,86], si asumimos que el redondeo se ha hecho por truncamiento, así nos colocamos en la posibilidad más desfavorable.

Medición indirecta [ver medición directa]

Medimos en forma indirecta cuando se hace una lectura o más en los instrumentos aplicados a medir cierta magnitud física y luego se calcula la medida de la magnitud física deseada, que no es la que tenía aplicada los instrumentos.

Por ejemplo: se mide el diámetro de una circunferencia y luego se calcula la superficie del círculo correspondiente.

La presencia de incertezas en las medidas originales traerá aparejadas incertezas en el valor de la cantidad final. En nuestros cálculos tendremos que propagar las incertezas para conocer el intervalo de la medida final.

Se trata de conocer el valor representativo y la incerteza absoluta de la magnitud derivada o indirecta, a partir de los valores representativos e incertezas de las magnitudes medidas en forma directa.

Propagación de errores

Se puede utilizar un método formal que consiste en asociar el concepto de diferencial estudiado en análisis matemático, al de error absoluto. *(El desarrollo lo puedes encontrar en el libro de Baird en las páginas desde la 15 hasta la 23 inclusive)*

Estos métodos también serán de aplicación a los problemas presentados en la guía de problemas de Física I .62.01.15.

FUNCIONES DE UNA SOLA VARIABLE

Si la magnitud "y" se calcula como $y = f(x)$ con "x" medida directamente $x_0 \pm \Delta x$

Entonces podemos calcular la incerteza, mediante el módulo de la derivada especializada en el punto " x_0 " y la incerteza " Δx ":

$$\Delta y = \left| \frac{dy}{dx} \right|_{x_0} \Delta x$$

FUNCIONES DE VARIAS VARIABLES

Análogamente utilizando la idea de diferencial total, a partir de derivadas parciales de la relación funcional que se utiliza para calcular la magnitud indirecta.

Si la magnitud "y" se calcula como $y = f(u, v, w, \dots)$ conocidas $u_0 \pm \Delta u; v_0 \pm \Delta v; w_0 \pm \Delta w \dots$

Entonces podemos calcular la incerteza, mediante el módulo de la derivada especializada en el punto " $u_0; v_0; w_0 \dots$ " y la incerteza " $\Delta u; \Delta v; \Delta w; \dots$ ":

$$\Delta y = \left| \frac{dy}{du} \right|_{u_0} \Delta u + \left| \frac{dy}{dv} \right|_{v_0} \Delta v + \left| \frac{dy}{dw} \right|_{w_0} \Delta w + \dots$$

Desarrollo de la práctica

[\[volver a inicio\]](#)

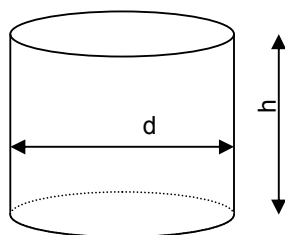
Materiales utilizados

- Calibre
- Regla milimetrada
- Probeta graduada
- Balanza electrónica
- Cilindro macizo

Procedimiento y recomendaciones

- 1) Calcular la densidad de un objeto midiendo su volumen y su masa con varios instrumentos y métodos, por ejemplo:
 - a) Con calibre
 - b) Con regla milimetrada
 - c) Con probeta graduada
 - d) Otro
- 2) Comparar los valores obtenidos e indicar si los rangos de incertezas se superponen.
- 3) Buscar en libros o Internet qué materiales tienen densidades parecidas a las obtenidas.

- a. Medir el objeto, varias veces con cada uno de los instrumentos, para calcular el volumen y armar, para cada instrumento, una tabla como la del ejemplo que se indica más abajo.
- b. Calcular el volumen en forma geométrica con los valores representativos y propagar errores. (Antes de esto, ver redondeo del valor de π más adelante)
- c. Medir la masa del cuerpo.
- d. Buscar en libros o internet, un material que tenga densidad lo más parecida posible a la calculada.



esquema del
objeto a medir

- e. Medición del volumen del cilindro

 Con calibre

Calibre marca:

Aproximación del instrumento:

Valores medidos: $h_1 =$ $d_1 =$ $h_2 =$ $d_2 =$ $h_3 =$ $d_3 =$ $\Delta h =$ $\Delta d =$ **Elección de la medida de “d” y “h”**

En general se observarán diversos valores para una misma magnitud, por lo que adoptaremos un criterio de selección para establecer la medida. Por ejemplo:

Cuando las “n” mediciones (siendo “n” 1; 2; 3 no mayor que 10) sean ligeramente distintas y algunas repetidas, se toma como valor representativo de la medida, aquella que se haya repetido el mayor número de veces.

Cuando las “n” mediciones resulten diferentes, se tomará la intermedia.

En cuanto a la indeterminación absoluta, tomaremos la mitad del valor absoluto de la diferencia entre las mediciones extremas obtenidas.

 $h_0 \pm \Delta h =$ $d_0 \pm \Delta d =$ **Cálculo del volumen**

$$V_0 = \pi r_0^2 h_0 = \pi d_0^2 h_0 / 4$$

El valor representativo del volumen del cilindro V_0 , depende de los valores representativos de “h”, “d” y de la constante irracional “ π ”.

Aplicando criterios de propagación de errores se llega:

$$\varepsilon V = \varepsilon \pi + 2 \varepsilon_d + \varepsilon_h + \varepsilon_4 = \varepsilon \pi + 2 \varepsilon_d + \varepsilon_h \quad (\text{fórmula \# 1})$$

Recorte de cifras en números irracionales**El caso de π**

¿Cuántos decimales le debemos asignar al número π para que el error, cometido en ese recorte de decimales, sea despreciable con respecto al error de las mediciones realizadas?

Por ejemplo,

Si recortamos el valor de π (3.14159....) por el número 3, estamos cometiendo un error relativo de:
 $E = 0.14159... / 3$

$$E_r = 0.0472$$

O sea, de aproximadamente el 4,7 %

A medida que le agregamos decimales: 3,1 ; 3,14 ; 3,141 ; etc el error va a ser menor. La pregunta es, cuantos decimales debemos tomar de π para que el error sea despreciable con respecto a la medición con menos error.

Para decidir esto, hay que primero adoptar el criterio que especifique a qué llamamos "despreciable". Puede ser, por ejemplo, que el error cometido al redondear el valor de π , sea diez veces menor que el error más chico de nuestras mediciones. También, puede ser, 50 o 100 veces más chico, o menos. Elijan un criterio y de acuerdo a este recorten el valor de π .

Por ejemplo:

Supongamos, que la medición más precisa realizada corresponde a la medición de la altura medida con un micrómetro, tal que la medición tiene un error de 1,5 %. Entonces, para hacer que el error cometido al recortar las cifras decimales de π sea despreciable con respecto a ese, debemos colocarle a π los decimales necesarios para que su error sea como máximo del 0,03 %.

(Criterio adoptado: 10 veces menos)

Retomando la "fórmula # 1":

" $2 \varepsilon_d + \varepsilon_h$ " está determinado por el método de experimentación, pero " ε_π " podemos minimizarlo hasta hacerlo despreciable frente al anterior. Esto se logra incrementando la cantidad de cifras exactas del número irracional π . Estableceremos un criterio para despreciar el " ε_π ":

$$10 \varepsilon_\pi < 2 \varepsilon_d + \varepsilon_h$$

π_0	$\Delta\pi$	$\varepsilon_\pi = \Delta\pi/\pi_0$
3	1	0,3
3,1	0,1	0,03
3,14	0,01	0,003
...	...	...

Expresar: $V_0 \pm \Delta V =$

Medición de la masa con balanza electrónica $M_0 \pm \Delta M =$

Cálculo de la densidad $\delta_0 = M_0/V_0$

$$\delta_0 \pm \Delta\delta =$$

 Con regla (procedimiento anterior).

$$V_0' \pm \Delta V =$$

$$M_0' \pm \Delta M =$$

$$\delta_0' \pm \Delta \delta =$$

 Con probeta graduada

Se llenará de agua la probeta graduada hasta un cierto nivel X_1 ; luego se introducirá el cilindro y se leerá el nivel X_2 .

El volumen del cilindro quedará medido por la diferencia de estas dos lecturas (volumen del líquido desplazado):

$$X_1 = X_{01} \pm \Delta X_1 =$$

$$X_2 = X_{02} \pm \Delta X_2 =$$

$$V_0'' = X_{02} - X_{01} =$$

$$\Delta V = \Delta X_1 + \Delta X_2 =$$

$$V_0'' \pm \Delta V =$$

Análisis de resultados y conclusiones

Representar gráficamente los resultados obtenidos sobre rectas (de números reales) de manera que se puedan comparar.

Se dice que son comparables cuando al representar sus bandas de incertezas, éstas tienen una franja de intersección no nula o intervalo común a todas.

Buscar en un manual de ingeniería la densidad del latón y del bronce indicando las indeterminaciones obtenidas de los valores de tabla y compararlas con la medida obtenida de la densidad en esta práctica.

Pregunta

¿Se puede decidir de qué tipo de material, (entre estos dos mencionados) está construido el cilindro de la práctica?