EL ERROR EN LAS MEDICIONES EN CIENCIAS NATURALES .

Roque Lobo Torres. **Juan C. Miranda.** **Dario Castro Castro.**

Dpto. de Física
Universidad del Norte

27 de mayo de 2014

Conceptos fundamentales

- Medición
  La medición es un proceso mediante el cual asignamos un número a una propiedad física, como resultado de una comparación de dicha propiedad con otra similar tomada como patrón, y que se ha adoptado como unidad.

- Medición
  La medición es un proceso mediante el cual asignamos un número a una propiedad física, como resultado de una comparación de dicha propiedad con otra similar tomada como patrón, y que se ha adoptado como unidad.
- Tipos de medida

- Medición
  La medición es un proceso mediante el cual asignamos un número a una propiedad física, como resultado de una comparación de dicha propiedad con otra similar tomada como patrón, y que se ha adoptado como unidad.
- Tipos de medida
  - Medidas directas: Son aquellas que se realizan con una sola lectura del aparato medidor.

- Medición
  La medición es un proceso mediante el cual asignamos un número a una propiedad física, como resultado de una comparación de dicha propiedad con otra similar tomada como patrón, y que se ha adoptado como unidad.
- Tipos de medida
  - Medidas directas: Son aquellas que se realizan con una sola lectura del aparato medidor.
    - Ejemplo: la medición del ancho o el largo de la mesa de trabajo.

Conceptos fundamentales

- Medición
  La medición es un proceso mediante el cual asignamos un número a una propiedad física, como resultado de una comparación de dicha propiedad con otra similar tomada como patrón, y que se ha adoptado como unidad.
- Tipos de medida
  - Medidas directas: Son aquellas que se realizan con una sola lectura del aparato medidor.
    - Ejemplo: la medición del ancho o el largo de la mesa de trabajo.
  - Medidas indirectas: Son aquellas que exigen varias medidas directas y el posterior cálculo del experimentador.

Conceptos fundamentales

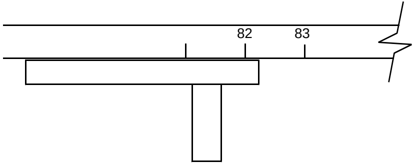
- Medición
  La medición es un proceso mediante el cual asignamos un número a una propiedad física, como resultado de una comparación de dicha propiedad con otra similar tomada como patrón, y que se ha adoptado como unidad.
- Tipos de medida
  - Medidas directas: Son aquellas que se realizan con una sola lectura del aparato medidor.
    - Ejemplo: la medición del ancho o el largo de la mesa de trabajo.
  - Medidas indirectas: Son aquellas que exigen varias medidas directas y el posterior cálculo del experimentador.
    - Ejemplo de este tipo de medidas lo constituye por ejemplo la del área de un triángulo, que se realiza con dos medidas directas de longitud y un cálculo de multiplicación.

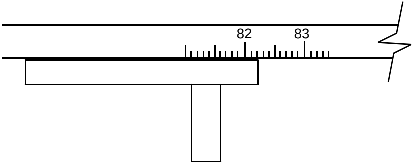
Incertidumbre en las mediciones

- Depende de la precisión del aparato utilizado y del experimentador.

Incertidumbre en las mediciones

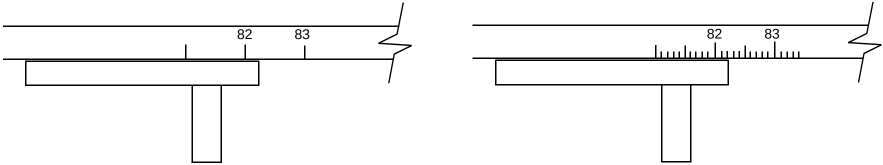
- Depende de la precisión del aparato utilizado y del experimentador.
- Ilustración





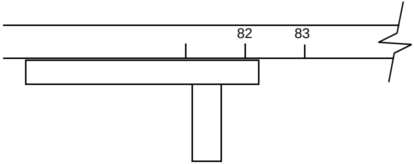
Incertidumbre en las mediciones

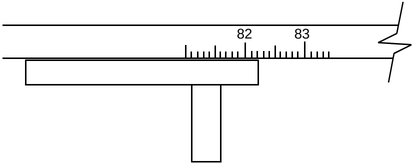
- Depende de la precisión del aparato utilizado y del experimentador.
- Ilustración



- Usando la escala de la izquierda, se puede decir con certeza que la longitud debe estar entre $82\,\mathrm{cm}$ y $83\,\mathrm{cm}$ y se puede *estimar* que la longitud es de $82{,}2\,\mathrm{cm}$.

- Depende de la precisión del aparato utilizado y del experimentador.
- Ilustración





- Usando la escala de la izquierda, se puede decir con certeza que la longitud debe estar entre 82 cm y 83 cm y se puede *estimar* que la longitud es de 82,2 cm.
- Usando la escala de la derecha se puede decir con certeza que la longitud está entre 82,2 cm y 82,3 cm y se puede *estimar* la longitud en 82,25 cm.

Observaciones

- La incertidumbre en la lectura de la regla de la izquierda, es mayor que en la de la regla de la derecha. La regla de la derecha es más precisa.

Observaciones

- La incertidumbre en la lectura de la regla de la izquierda, es mayor que en la de la regla de la derecha. La regla de la derecha es más precisa.
- En las mediciones que se realizan en el laboratorio, el valor de la incertidumbre corresponde, a menos que se cite explícitamente, a la mitad del último lugar decimal que tiene el número de la medida.

Observaciones

- La incertidumbre en la lectura de la regla de la izquierda, es mayor que en la de la regla de la derecha. La regla de la derecha es más precisa.
- En las mediciones que se realizan en el laboratorio, el valor de la incertidumbre corresponde, a menos que se cite explícitamente, a la mitad del último lugar decimal que tiene el número de la medida.
- La exactitud en una medida está dada por la cantidad de *cifras significativas* que tiene.

Observaciones

- La incertidumbre en la lectura de la regla de la izquierda, es mayor que en la de la regla de la derecha. La regla de la derecha es más precisa.
- En las mediciones que se realizan en el laboratorio, el valor de la incertidumbre corresponde, a menos que se cite explícitamente, a la mitad del último lugar decimal que tiene el número de la medida.
- La exactitud en una medida está dada por la cantidad de *cifras significativas* que tiene.
- La precisión en una medida está dada por la incertidumbre.

Observaciones

- La incertidumbre en la lectura de la regla de la izquierda, es mayor que en la de la regla de la derecha. La regla de la derecha es más precisa.
- En las mediciones que se realizan en el laboratorio, el valor de la incertidumbre corresponde, a menos que se cite explícitamente, a la mitad del último lugar decimal que tiene el número de la medida.
- La exactitud en una medida está dada por la cantidad de *cifras significativas* que tiene.
- La precisión en una medida está dada por la incertidumbre.
    - Ejemplo: La longitud $82{,}2\,cm$ de la regla de la derecha, tiene una exactitud de tres cifras significativas y una presición de $0{,}05\,cm$.

Teoría del error

- Todos los resultados numéricos que se obtienen en un experimento son el resultado de medidas y por lo tanto, están sujetos a errores de diferente índole.

- Todos los resultados numéricos que se obtienen en un experimento son el resultado de medidas y por lo tanto, están sujetos a errores de diferente índole.
- Clasificación de los errores

Teoría del error

- Todos los resultados numéricos que se obtienen en un experimento son el resultado de medidas y por lo tanto, están sujetos a errores de diferente índole.
- Clasificación de los errores
  - Los errores sistemáticos**:** Están asociados con la técnica empleada en la obtención de las mediciones, con la calibración de los aparatos o bien con el experimentador mismo y afectan el resultado de la misma manera. Dentro de este tipo de errores se tienen:

Teoría del error

- Todos los resultados numéricos que se obtienen en un experimento son el resultado de medidas y por lo tanto, están sujetos a errores de diferente índole.
- Clasificación de los errores
  - Los errores sistemáticos**:** Están asociados con la técnica empleada en la obtención de las mediciones, con la calibración de los aparatos o bien con el experimentador mismo y afectan el resultado de la misma manera. Dentro de este tipo de errores se tienen:
    - Errores en la calibración de los aparatos o error de cero.

Teoría del error

- Todos los resultados numéricos que se obtienen en un experimento son el resultado de medidas y por lo tanto, están sujetos a errores de diferente índole.
- Clasificación de los errores
  - Los errores sistemáticos**:** Están asociados con la técnica empleada en la obtención de las mediciones, con la calibración de los aparatos o bien con el experimentador mismo y afectan el resultado de la misma manera. Dentro de este tipo de errores se tienen:
    - Errores en la calibración de los aparatos o error de cero.
    - Errores debido a la influencia de factores ambientales.

Teoría del error

- Todos los resultados numéricos que se obtienen en un experimento son el resultado de medidas y por lo tanto, están sujetos a errores de diferente índole.
- Clasificación de los errores
  - Los errores sistemáticos**:** Están asociados con la técnica empleada en la obtención de las mediciones, con la calibración de los aparatos o bien con el experimentador mismo y afectan el resultado de la misma manera. Dentro de este tipo de errores se tienen:
    - Errores en la calibración de los aparatos o error de cero.
    - Errores debido a la influencia de factores ambientales.
    - Error de paralaje.

Teoría del error

- Todos los resultados numéricos que se obtienen en un experimento son el resultado de medidas y por lo tanto, están sujetos a errores de diferente índole.
- Clasificación de los errores
  - Los errores sistemáticos**:** Están asociados con la técnica empleada en la obtención de las mediciones, con la calibración de los aparatos o bien con el experimentador mismo y afectan el resultado de la misma manera. Dentro de este tipo de errores se tienen:
    - Errores en la calibración de los aparatos o error de cero.
    - Errores debido a la influencia de factores ambientales.
    - Error de paralaje.
    - Errores accidentales.

Teoría del error

- Todos los resultados numéricos que se obtienen en un experimento son el resultado de medidas y por lo tanto, están sujetos a errores de diferente índole.
- Clasificación de los errores
  - Los errores sistemáticos**:** Están asociados con la técnica empleada en la obtención de las mediciones, con la calibración de los aparatos o bien con el experimentador mismo y afectan el resultado de la misma manera. Dentro de este tipo de errores se tienen:
    - Errores en la calibración de los aparatos o error de cero.
    - Errores debido a la influencia de factores ambientales.
    - Error de paralaje.
    - Errores accidentales.
- Cálculo del error al medir una cantidad física.
  Los errores o impresiciones en los resultados se expresan matemáticamente bajo dos formas que se denominan error absoluto y error relativo.

- El valor más probable en la medición de una cantidad física dada A. Se denota por $\bar{A}$ y se define según

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + ... + A_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i}{n}$$

Donde A_i representa la $i-$esima medición y n el número de lecturas efectuadas.

- El valor más probable en la medición de una cantidad física dada A. Se denota por $\bar{A}$ y se define según

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + ... + A_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i}{n}$$

Donde A_i representa la $i-$esima medición y n el número de lecturas efectuadas.

- Error absoluto

- El valor más probable en la medición de una cantidad física dada A. Se denota por $\bar{A}$ y se define según

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + ... + A_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i}{n}$$

Donde A_i representa la $i-$esima medición y n el número de lecturas efectuadas.
- Error absoluto
  - De una medición (Desviación de una medición). El error absoluto de una medición A_i, se denota por ΔA_i y se define según

$$\Delta A_i = \left|\bar{A} - A_i\right|$$

- El valor más probable en la medición de una cantidad física dada A. Se denota por $\bar{A}$ y se define según

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + ... + A_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i}{n}$$

Donde A_i representa la $i-$esima medición y n el número de lecturas efectuadas.

- Error absoluto
  - De una medición (Desviación de una medición). El error absoluto de una medición A_i, se denota por ΔA_i y se define según

$$\Delta A_i = \left|\bar{A} - A_i\right|$$

  - De una medida A. Se denota por ΔA y se define según

$$\Delta A = \frac{\Delta A_1 + \Delta A_2 + \Delta A_3 + ... + \Delta A_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta A_i}{n}$$

- El valor más probable en la medición de una cantidad física dada A. Se denota por $\bar{A}$ y se define según

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + ... + A_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i}{n}$$

Donde A_i representa la $i-$esima medición y n el número de lecturas efectuadas.

- Error absoluto
  - De una medición (Desviación de una medición). El error absoluto de una medición A_i, se denota por ΔA_i y se define según

$$\Delta A_i = \left|\bar{A} - A_i\right|$$

  - De una medida A. Se denota por ΔA y se define según

$$\Delta A = \frac{\Delta A_1 + \Delta A_2 + \Delta A_3 + ... + \Delta A_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta A_i}{n}$$

- Cuando $n < 10$, entonces

$$\Delta A = \frac{A_{\text{máx}} - A_{\text{mín}}}{2}$$

- Cuando $n = 1$, entonces ΔA es el valor de la apreciación del instrumento utilizado y se escribe

$$A = A \pm \Delta A$$

- Cuando $n = 1$, entonces ΔA es el valor de la apreciación del instrumento utilizado y se escribe

$$A = A \pm \Delta A$$

- Ejemplo: Supóngase que se mide el ancho de una puerta y se encuentra que el valor para tal medición es $95cm$ y que la medición fué hecha con una regla calibrada en milimetros, se dice que el error absoluto es $\Delta A = 0{,}1cm$ y que el ancho verdadero A está dado por

$$95{,}0 - 0{,}1 < A < 95{,}0 + 0{,}1$$

- Cuando $n = 1$, entonces ΔA es el valor de la apreciación del instrumento utilizado y se escribe

$$A = A \pm \Delta A$$

- Ejemplo: Supóngase que se mide el ancho de una puerta y se encuentra que el valor para tal medición es $95cm$ y que la medición fué hecha con una regla calibrada en milimetros, se dice que el error absoluto es $\Delta A = 0{,}1cm$ y que el ancho verdadero A está dado por

$$95{,}0 - 0{,}1 < A < 95{,}0 + 0{,}1$$

- Que se escribe de acuerdo con la convención internacional,

$$A = 95{,}0 \pm 0{,}1cm,$$

- Cuando $n = 1$, entonces ΔA es el valor de la apreciación del instrumento utilizado y se escribe

$$A = A \pm \Delta A$$

- Ejemplo: Supóngase que se mide el ancho de una puerta y se encuentra que el valor para tal medición es $95cm$ y que la medición fué hecha con una regla calibrada en milimetros, se dice que el error absoluto es $\Delta A = 0{,}1cm$ y que el ancho verdadero A está dado por

$$95{,}0 - 0{,}1 < A < 95{,}0 + 0{,}1$$

- Que se escribe de acuerdo con la convención internacional,

$$A = 95{,}0 \pm 0{,}1cm,$$

- Nótese que el error absoluto se expresa con la unidad de la magnitud que se mide.

- Error relativo
  Se interpreta como el cálculo de la probabilidad de que el valor real de la medición no esté contenido en la gama de valores pertenecientes al intervalo $-\Delta A < A < \Delta A$, y se define según

$$\delta A = \frac{\Delta A}{\bar{A}} \times 100\,\%$$

- Error relativo
  Se interpreta como el cálculo de la probabilidad de que el valor real de la medición no esté contenido en la gama de valores pertenecientes al intervalo $-\Delta A < A < \Delta A$, y se define según

$$\delta A = \frac{\Delta A}{\bar{A}} \times 100\,\%$$

- El valor *aceptado por la comunidad científica* para una variable dada A se conoce como su valor teórico $(A_{teorico})$ y se considera como valor más probable. Para este caso, el error relativo en la cantidad A que se mide durante un experimento, está dado por

$$\delta A\,(\,\%) = \frac{\left|A_{teorico} - \bar{A}\right|}{A_{teorico}} \times 100\,\%$$

Propagación del error

- Dada una función $f\left(x_1,\ x_2,\ x_3\ ...\ ,x_n\right)$ una función de n variables, donde cada x_i es una cantidad física a la cual se ha determinado su error o incertidumbre. El error absoluto o la incertidumbre en f se calcula según la fórmula

$$\Delta f = \left|\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)\Delta x_1\right| + \left|\left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)\Delta x_2\right| + ... + \left|\left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)\Delta x_n\right|$$

Propagación del error

- Dada una función $f\left(x_1,\ x_2,\ x_3\ ...\ , x_n\right)$ una función de n variables, donde cada x_i es una cantidad física a la cual se ha determinado su error o incertidumbre. El error absoluto o la incertidumbre en f se calcula según la fórmula

$$\Delta f = \left|\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)\Delta x_1\right| + \left|\left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)\Delta x_2\right| + ... + \left|\left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)\Delta x_n\right|$$

- Para este caso el error relativo se calcula según

$$\delta f\,(\,\%) = \left|\frac{\Delta f}{f}\right| \times 100\,\%$$

Ejercicio

- Considerese la función

$$f\left(x,y,z\right)=3xy^{2}z$$

con $x=\left(5{,}22\pm0{,}03\right)$, $y=\left(12{,}5\pm0{,}05\right)$ y $z=\left(145{,}4\pm0{,}1\right)$, determine δf.

Ejercicio

- Considerese la función

$$f(x,y,z) = 3xy^2z$$

con $x = (5{,}22 \pm 0{,}03)$, $y = (12{,}5 \pm 0{,}05)$ y $z = (145{,}4 \pm 0{,}1)$, determine δf.

- Solución:
  Las derivadas parciales de f están dadas por

$$\frac{\partial f}{\partial x} = 3y^2z, \quad \frac{\partial f}{\partial y} = 6xyz \;\text{ y }\; \frac{\partial f}{\partial z} = 3xy^2$$

Ejercicio

- Considerese la función

$$f(x, y, z) = 3xy^2z$$

con $x = (5{,}22 \pm 0{,}03)$, $y = (12{,}5 \pm 0{,}05)$ y $z = (145{,}4 \pm 0{,}1)$, determine δf.

- Solución:
Las derivadas parciales de f están dadas por

$$\frac{\partial f}{\partial x} = 3y^2z, \quad \frac{\partial f}{\partial y} = 6xyz \;\text{ y }\; \frac{\partial f}{\partial z} = 3xy^2$$

- De modo que

$$\Delta f = \left|\left(3y^2z\right)\Delta x\right| + \left|(6xyz)\,\Delta y\right| + \left|\left(3xy^2\right)\Delta z\right|$$

- El error relativo en f está dado por

$$\delta f = \left|\frac{\Delta f}{f}\right| = \left|\left(\frac{3y^2z}{3xy^2z}\right)\Delta x\right| + \left|\left(\frac{6xyz}{3xy^2z}\right)\Delta y\right| + \left|\left(\frac{3xy^2}{3xy^2z}\right)\Delta z\right|$$

- El error relativo en f está dado por

$$\delta f = \left|\frac{\Delta f}{f}\right| = \left|\left(\frac{3y^2z}{3xy^2z}\right)\Delta x\right| + \left|\left(\frac{6xyz}{3xy^2z}\right)\Delta y\right| + \left|\left(\frac{3xy^2}{3xy^2z}\right)\Delta z\right|$$

- Al simplificar

$$\delta f = \left|\frac{\Delta x}{x}\right| + \left|\frac{2\Delta y}{y}\right| + \left|\frac{\Delta z}{z}\right|$$

- El error relativo en f está dado por

$$\delta f = \left|\frac{\Delta f}{f}\right| = \left|\left(\frac{3y^2z}{3xy^2z}\right)\Delta x\right| + \left|\left(\frac{6xyz}{3xy^2z}\right)\Delta y\right| + \left|\left(\frac{3xy^2}{3xy^2z}\right)\Delta z\right|$$

- Al simplificar

$$\delta f = \left|\frac{\Delta x}{x}\right| + \left|\frac{2\Delta y}{y}\right| + \left|\frac{\Delta z}{z}\right|$$

- Sustituyendo los valores para Δx, Δy y Δz, se tiene

$$\delta f = \left|\frac{0{,}03}{5{,}22}\right| + 2\left|\frac{0{,}5}{12{,}5}\right| + \left|\frac{0{,}1}{145{,}4}\right|$$

- El error relativo en f está dado por

$$\delta f = \left|\frac{\Delta f}{f}\right| = \left|\left(\frac{3y^2z}{3xy^2z}\right)\Delta x\right| + \left|\left(\frac{6xyz}{3xy^2z}\right)\Delta y\right| + \left|\left(\frac{3xy^2}{3xy^2z}\right)\Delta z\right|$$

- Al simplificar

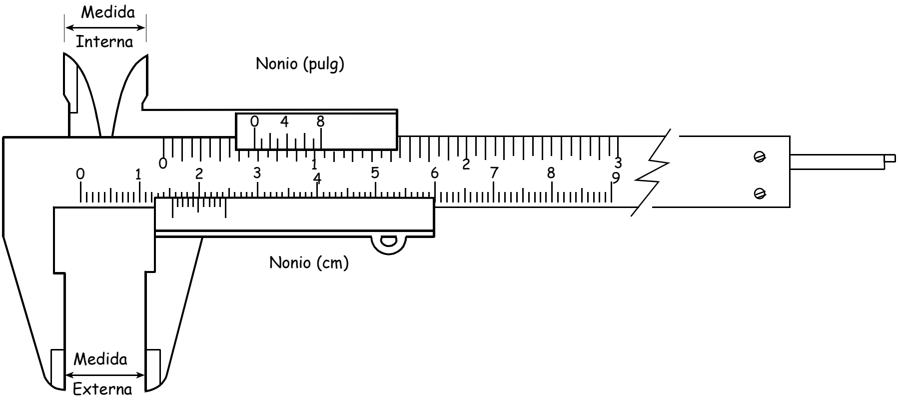
$$\delta f = \left|\frac{\Delta x}{x}\right| + \left|\frac{2\Delta y}{y}\right| + \left|\frac{\Delta z}{z}\right|$$

- Sustituyendo los valores para Δx, Δy y Δz, se tiene

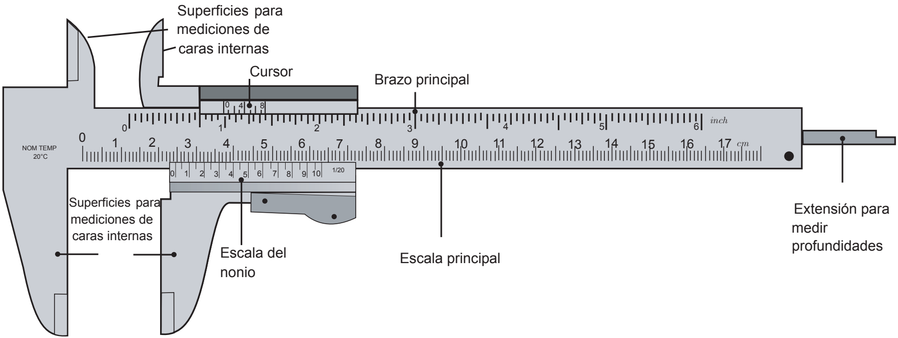
$$\delta f = \left|\frac{0{,}03}{5{,}22}\right| + 2\left|\frac{0{,}5}{12{,}5}\right| + \left|\frac{0{,}1}{145{,}4}\right|$$

- O bien

$$\delta f\,(\,\%) = (0{,}6 + 8 + 0{,}07)\ \% = 9\,\%$$

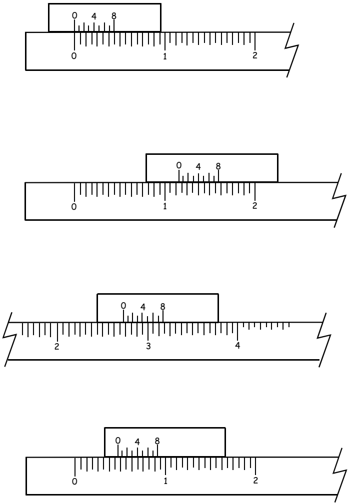

Medida
Interna
Nonio (pulg)
0 4 8
0
1
2
3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
Nonio (cm)
Medida
Externa

Calibrador Vernier.



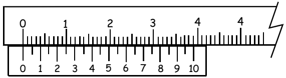
Ejercicios.

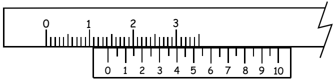
Diga el valor correspondiente a la lectura indicada

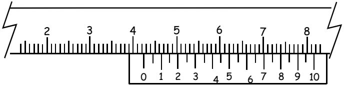


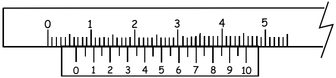
Ejercicios.

Diga el valor correspondiente a la lectura indicada









Medir indirectamente el área lateral y el volumen de un cilindro.

Procedimiento

- Tomar las medidas del diámetro y la altura del cilindro y registrarlas, registrar también el valor de la sensibilidad del aparato.

Medir indirectamente el área lateral y el volumen de un cilindro.

Procedimiento

- Tomar las medidas del diámetro y la altura del cilindro y registrarlas, registrar también el valor de la sensibilidad del aparato.
- Determinar ΔA_L mediante:

$$A_L\left(dh\right) = \pi dh \Longrightarrow \Delta A_L = \left|\left(\frac{\partial A_L}{\partial d}\right)\Delta d\right| + \left|\left(\frac{\partial A_L}{\partial h}\right)\Delta h\right|$$

$$\Delta A_L = \pi\left(\left|h \cdot \Delta d\right| + \left|d \cdot \Delta h\right|\right)$$

Medir indirectamente el área lateral y el volumen de un cilindro.

Procedimiento

- Tomar las medidas del diámetro y la altura del cilindro y registrarlas, registrar también el valor de la sensibilidad del aparato.
- Determinar ΔA_L mediante:

$$A_L\left(dh\right) = \pi dh \Longrightarrow \Delta A_L = \left|\left(\frac{\partial A_L}{\partial d}\right)\Delta d\right| + \left|\left(\frac{\partial A_L}{\partial h}\right)\Delta h\right|$$

$$\Delta A_L = \pi\left(\left|h \cdot \Delta d\right| + \left|d \cdot \Delta h\right|\right)$$

- Determinar $\delta A_L\left(\%\right)$ mediante:

$$\delta f\left(\%\right) = \left|\frac{\Delta A_L}{A_L}\right| \times 100\,\%$$

- Determinar ΔV mediante:

$$V\left(dh\right)=\frac{\pi d^{2}h}{4}\Longrightarrow\Delta V=\left|\left(\frac{\partial V}{\partial d}\right)\Delta d\right|+\left|\left(\frac{\partial V}{\partial h}\right)\Delta h\right|$$

$$\Delta V=\frac{\pi}{2}\left[\left|\left(d\cdot h\right)\Delta d\right|+\left|\left(\frac{d^{2}}{2}\right)\Delta h\right|\right]$$

$$\delta V\left(\,\%\right)=\left|\frac{\Delta V}{V}\right|\times 100\,\%$$

- Determinar ΔV mediante:

$$V\left(dh\right)=\frac{\pi d^{2}h}{4}\Longrightarrow \Delta V=\left|\left(\frac{\partial V}{\partial d}\right)\Delta d\right|+\left|\left(\frac{\partial V}{\partial h}\right)\Delta h\right|$$

$$\Delta V=\frac{\pi}{2}\left[\left|\left(d\cdot h\right)\Delta d\right|+\left|\left(\frac{d^{2}}{2}\right)\Delta h\right|\right]$$

- Determinar $\delta V\left(\,\%\right)$ mediante:

$$\delta V\left(\,\%\right)=\left|\frac{\Delta V}{V}\right|\times 100\,\%$$

- Determinar ΔV mediante:

$$V\left(dh\right) = \frac{\pi d^2 h}{4} \Longrightarrow \Delta V = \left|\left(\frac{\partial V}{\partial d}\right)\Delta d\right| + \left|\left(\frac{\partial V}{\partial h}\right)\Delta h\right|$$

$$\Delta V = \frac{\pi}{2}\left[\left|\left(d \cdot h\right)\Delta d\right| + \left|\left(\frac{d^2}{2}\right)\Delta h\right|\right]$$

- Determinar $\delta V\left(\%\right)$ mediante:

$$\delta V\left(\%\right) = \left|\frac{\Delta V}{V}\right| \times 100\,\%$$

- Escribir los valores de A_L y V usando todo lo desarrollado en la práctica de hoy.

Enlaces de interés

1. http://www.youtube.com/watch?v=Htuc2Py1vVc
2. http://www.educaplus.org/play.php?id=105&mcid=2
3. http://mmcdp.webcindario.com/piederey/virtuacalibre.htm