

PROBLEMAS: UNIDAD 1: Metrología ①

1.) Calcular el valor probable en la medición realizada de la longitud de una pieza de acero, teniendo en cuenta que se han realizado 4 mediciones que arrojaron los siguientes valores: 5,85 cm; 5,83 cm; 5,86 cm y 5,82 cm.

Determinar, además; el error absoluto, aclarar si es por exceso o defecto; el error relativo y el error porcentual de cada medición. ¿Cuál fue la mejor medición?

2.) Realizadas varias mediciones, surge que el valor más probable es 18 cm y el error porcentual en que se incurrió es el 0,2% ¿Cuál es el error absoluto? ¿Cómo debe expresarse la medición?

3.) El volumen de un cuerpo A es de  $4 \text{ cm}^3 \pm 0,2 \text{ cm}^3$  y el de otro cuerpo B es de  $1,2 \text{ cm}^3 \pm 0,06 \text{ cm}^3$  ¿Qué error se ha cometido en ambas mediciones? ¿Cuál fue la mejor?

4.) La superficie de un rectángulo A es de  $(4 \pm 0,02) \text{ cm}^2$  y la de otro B es de  $(1,2 \pm 0,06) \text{ cm}^2$ . Determinar cuál ha sido la mejor medición y expresar los errores en porcentaje.

5.) El error con que se desea medir el  $\phi$  de una esfera es del 1%. Si el valor verdadero (o más probable) es de 16 cm. Determinar los límites de la medición (cota de error).

6.) Calcular la superficie de un rectángulo cuya base es  $b = (82 \pm 0,1) \text{ cm}$  y su altura  $h = (35 \pm 0,1) \text{ cm}$ . Expresar el resultado de la forma  $X = \bar{X} \pm \Delta X$  en  $\text{cm}^2$  y en  $\text{mm}^2$ .

7.) La longitud de una onda  $\lambda$  es  $5,981 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$ . ¿Cuántas longitudes de esa onda hay en un metro? Expresar el valor de  $\lambda$  en micrones y Ångström.

8.) ¿Qué aproximación tiene un vernier cuya regla mayor está graduada en milímetros y el vernier tiene 20 divisiones?

9.) ¿Cuál será la aproximación de un vernier de 50 divisiones si la regla mayor tiene como graduación menor  $1/2$  milímetro?

10.) Si sobre una regla graduada en milímetros se aplica un vernier cuya aproximación es de 0,02 milímetros, ¿cuántas divisiones contiene éste y qué longitud de la regla mayor abarcará?

11.) Si la regla mayor de un vernier está dividida en medios milímetros y la aproximación es de 0,05 mm ¿cuál es el número de divisiones del vernier y la longitud que abarca?

12.) Se han efectuado las siguientes mediciones de una longitud:  
 1.85 cm ; 1.83 cm ; 1.87 cm ; 1.84 cm ; 1.86 cm ; 1.84 cm y 1.86 cm  
 Establecer el valor más probable. Indicar el error relativo porcentual de cada medición.  
 Rta:  $\bar{X} = 1,85 \text{ cm}$

13.) Un cuerpo tiene una longitud de  $(2 \pm 0,01 \text{ m})$  ; Cuál es el error relativo y el error relativo porcentual?  
 Rta: 0,005 ; 0,5%

14.) Siendo el error porcentual cometido al efectuar una medición del 4% ; cuál es el error relativo y absoluto cometido si la longitud considerada es de 1,85 m? ; Cómo indicará el verdadero sentido físico de la medición?  
 Rta: 0,04 ; 0,072 m ;  $(1,85 \pm 0,072) \text{ m}$

15.) Un cuerpo pesa  $4 \text{ kg} \pm 0,02 \text{ kg}$  y otro pesa  $0,08 \text{ kg} \pm 0,002 \text{ kg}$  ; En qué caso se produjo mayor error en la medición?  
 Rta: en el segundo

16.) Calcular el espesor de la hoja de un libro cuyo espesor es de 2,4567 cm, sabiendo que tiene 625 páginas y 2 tapas de 0,5 mm c/u.  
 Expresar el resultado en micrones.  
 Rta: 37,7  $\mu\text{m}$ .

17.) Un libro hecho con papel biblia tiene 4500 páginas y su espesor (sin tapas) es de 12 cm. Hallar el espesor de la página.  
 Rta: 26,67  $\mu\text{m}$

18.) El espesor de un papel es de 25  $\mu\text{m}$  ; ¿cuál será el alto de una resma (500 hojas) en milímetros?  
 Rta: 12,5 mm

19.) Sobre un piso de 48 m<sup>2</sup> se echa un balde de agua que contiene 15 litros. Si suponemos que la película de agua se distribuye regularmente en el suelo, ¿qué espesor tendrá dicha película en mm y  $\mu\text{m}$ ?  
 Rta: 0,3125 mm = 312,5  $\mu\text{m}$

NOTA: 1 dm<sup>3</sup> = 1 litro

20.) Sobre una regla graduada en 1/2 mm se aplica un vernier cuya aproximación es 0,02 mm ; Cuántas divisiones posee y cuántas divisiones de la regla mayor abarca?  
 Rta: 25 ; 24

21.) ¿Cuál es la aproximación de un vernier si posee 25 divisiones y la regla mayor está dividida en 1/2 mm?  
 Rta:  $\frac{1}{50} \text{ mm}$

22.) Se han efectuado las siguientes mediciones de una mesa:

Largo: 1,59 m ; 1,55 m ; 1,57 m ; 1,56 m ; 1,53 m

Ancho: 0,48 m ; 0,49 m ; 0,50 m ; 0,51 m ; 0,52 m

Calcular la superficie.

Rta:  $S = (78 \pm 4,62) \text{ dm}^2$

23.) Un depósito de líquidos en forma de cubo se llenó 12000 litros  $\pm 30$  litros ; Cuánto mide el lado del cubo?  
 Rta:  $L = (2,21 \pm 0,001) \text{ m}$

24.) Un cilindro tiene un radio de  $(4 \pm 0,01) \text{ cm}$  y una altura de  $(22 \pm 0,05) \text{ cm}$  ; Cuál es su volumen?  
 Rta:  $V = (1106 \pm 9) \text{ cm}^3$

NOTA: Tomar  $\pi$  con la cantidad de cifras necesarias como para que su error relativo ( $\frac{\Delta\pi}{\pi}$ ) no se tenga en cuenta. Esto es así si  $\frac{\Delta\pi}{\pi} < 10 \frac{\Delta h}{h}$ .

25.) Se desea saber el volumen de un prisma de base cuadrada de lado L y de altura h con un error relativo porcentual del 0,2%.

¿Con qué error hay que medir h y L?

Rta: h con 0,1% y

L con 0,05%.

① DATOS:

$x_1 = 5,85 \text{ cm}$

$x_2 = 5,83 \text{ cm}$

$x_3 = 5,86 \text{ cm}$

$x_4 = 5,82 \text{ cm}$

INC

$\bar{x} = ?$

$\Delta x = ?$

$e_r = ?$

$e_r \%$

¿cuál fue la mejor medición?

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4}{n} = \frac{5,85 \text{ cm} + 5,83 \text{ cm} + 5,86 \text{ cm} + 5,82 \text{ cm}}{4}$$

$$\bar{x} = 5,84 \text{ cm}$$

$$\Delta x_1 = x_1 - \bar{x} = 5,85 \text{ cm} - 5,84 \text{ cm} = 0,01 \text{ cm por exceso}$$

$$\Delta x_2 = x_2 - \bar{x} = 5,83 \text{ cm} - 5,84 \text{ cm} = -0,01 \text{ cm por defecto}$$

$$\Delta x_3 = x_3 - \bar{x} = 5,86 \text{ cm} - 5,84 \text{ cm} = +0,02 \text{ cm por exceso}$$

$$\Delta x_4 = x_4 - \bar{x} = 5,82 \text{ cm} - 5,84 \text{ cm} = -0,02 \text{ cm por defecto}$$

$$e_{r1} = \frac{\Delta x_1}{\bar{x}} = \frac{0,01 \text{ cm}}{5,84 \text{ cm}} = 1,7 \cdot 10^{-3}$$

$$e_{r1} \% = e_{r1} \cdot 100 = 0,17 \%$$

$$e_{r2} = \frac{\Delta x_2}{\bar{x}} = \frac{-0,01 \text{ cm}}{5,84 \text{ cm}} = -1,7 \cdot 10^{-3}$$

$$e_{r2} \% = e_{r2} \cdot 100 = -0,17 \%$$

$$e_{r3} = \frac{\Delta x_3}{\bar{x}} = \frac{+0,02 \text{ cm}}{5,84 \text{ cm}} = 3,4 \cdot 10^{-3}$$

$$e_{r3} \% = e_{r3} \cdot 100 = 0,34 \%$$

$$e_{r4} = \frac{\Delta x_4}{\bar{x}} = \frac{-0,02 \text{ cm}}{5,84 \text{ cm}} = -3,4 \cdot 10^{-3}$$

$$e_{r4} \% = e_{r4} \cdot 100 = -0,34 \%$$

Las mejores mediciones fueron de  $x_1$  y  $x_2$  pues son la de menor  $e_r$ .

DATOS

$$2) \begin{cases} \bar{x} = 18 \text{ cm} \\ \text{er.} = 0,2\% \end{cases}$$

JWC

$$\begin{cases} \Delta x = ? \\ x = \bar{x} \pm \Delta x = ? \end{cases}$$

$$\text{er.} = \text{er.} \cdot 100$$

$$\text{er} = \frac{\text{er.}}{100} = \frac{0,2\%}{100} \Rightarrow \text{er} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\text{er} = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \Rightarrow \Delta x = \bar{x} \cdot \text{er}$$

$$\Delta x = 0,036 \text{ cm}$$

$$x = (18 \pm 0,036) \text{ cm}$$

3) Datos

JWC

$$V_A = 4 \text{ cm}^3 \pm 0,2 \text{ cm}^3$$

$$V_B = 1,2 \text{ cm}^3 \pm 0,06 \text{ cm}^3$$

¿Cuál fue la mejor medición?

¿fue una recomendación a los medidores?

$$\text{er}_A = \frac{\Delta x_A}{\bar{x}_A}$$

$$\text{er}_B = \frac{\Delta x_B}{\bar{x}_B}$$

$$\text{er}_A = \frac{0,2 \text{ cm}^3}{4 \text{ cm}^3}$$

$$\text{er}_B = \frac{0,06 \text{ cm}^3}{1,2 \text{ cm}^3}$$

$$\text{er}_A = 0,05$$

$$\text{er}_B = 0,05$$

$$\text{er.}_A = \text{er}_A \cdot 100$$

$$\text{er.}_B = \text{er}_B \cdot 100$$

$$\text{er.}_A = 5\%$$

$$\text{er.}_B = 5\%$$

¡No cometer el mismo error!

4) Datos

$$S_A = (4 \pm 0,02) \text{ m}^2$$

$$S_B = (1,2 \pm 0,06) \text{ m}^2$$

$$\text{er}_A = \frac{\Delta S_A}{\bar{S}_A}$$

$$\text{er}_B = \frac{\Delta S_B}{\bar{S}_B}$$

$$\text{er}_A = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{er}_B = 0,05$$

$$\text{er.}_A = 0,5\%$$

$$\text{er.}_B = 5\%$$

La mejor fue la SA



5

$$\varepsilon_r = 1\%$$

$$\bar{\phi} = 16 \text{ cm}$$

$$\varepsilon_{\phi} = \varepsilon_r \cdot 100$$

$$1\% = \varepsilon_{\phi} \cdot 100$$

$$\varepsilon_{\phi} = 0,01$$

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta \phi}{\bar{\phi}} \Rightarrow \Delta \phi = \varepsilon_r \cdot \bar{\phi}$$

$$\Delta \phi = 0,01 \cdot 16 \text{ cm}$$

$$\Delta \phi = 0,16$$

$$\phi = \bar{\phi} \pm \Delta \phi = 16 \text{ cm} \pm 0,16 \text{ cm}$$

6) Sup  $\square = ?$

$$b = (82 \pm 0,1) \text{ cm}$$

en  $\text{cm}^2$  y  $\text{mm}^2$

$$h = (35 \pm 0,1) \text{ cm}$$

$$\text{Sup } \square = b \cdot h = (82 \pm 0,1) \text{ cm} \cdot (35 \pm 0,1) \text{ cm}$$

$$\square = (82 \cdot 35) \text{ cm}^2 \pm (82 \cdot 0,1 + 35 \cdot 0,1)$$

$$\text{Sup } \square = 2870 \text{ cm}^2 \pm 11,7 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sup } \square = 287000 \text{ mm}^2 \pm 1170 \text{ mm}^2$$

7

$$\lambda = 5981 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$$

¿Cuántos  $\lambda$  hay en 1m?

$$\lambda = 5981,1 \text{ mm}$$

$$\lambda = 5981000 \text{ A}^\circ$$

$$\text{Cent de } \lambda = \frac{1 \text{ m}}{5,981 \cdot 10^{-2} \text{ cm}} = \frac{1 \text{ m}}{5981 \cdot 10^{-4} \text{ m}}$$

$$\text{Cent } \lambda = 167,196 \lambda$$

$$\textcircled{8} \quad A = \frac{d}{NV}$$

$NV = n^\circ$  de la regla más

$d =$  menor div. regla mayor

$A =$  Aproximación.

$$d = 1 \text{ mm}$$

$$NV = 20$$

$$A = \frac{1 \text{ mm}}{20 \text{ div}} \Rightarrow A = 0,05 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{20} \text{ mm}$$

$$\textcircled{9} \quad NV = 50 \text{ div}$$

$$d = 0,5 \text{ mm}$$

$$A = \frac{0,5 \text{ mm}}{50 \text{ div}} = 10^{-3} \text{ mm}$$

Carresma

$$\frac{1}{100} \text{ mm}$$

$$\textcircled{10} \quad d = 1 \text{ mm}$$

$$NV = ?$$

$$A = 0,02 \text{ mm}$$

$$A = \frac{d}{NV} \Rightarrow NV = \frac{d}{A} = \frac{1 \text{ mm}}{0,02 \text{ mm}} \Rightarrow NV = 50 \text{ div}$$

En caso de tener  $\frac{1}{50}$  mm,  $69$  div de la regla mayor equivale a 50 de la menor

$$\textcircled{11} \quad d = 0,5 \text{ mm}$$

$$NV = ?$$

$$A = 0,05 \text{ mm}$$

$$A = \frac{d}{NV} \Rightarrow NV = \frac{d}{A} = \frac{0,5 \text{ mm}}{0,05 \text{ mm}} = 10 \Rightarrow NV = 10$$

$$12) \quad x_1 = 1,85 \text{ cm}$$

$$x_6 = 1,86 \text{ mm}$$

$$\bar{x} = ?$$

$$x_2 = 1,83 \text{ cm}$$

$$x_7 = 1,86 \text{ cm}$$

$$e_r = ?$$

$$x_3 = 1,87 \text{ cm}$$

$$e_{r\%} = ?$$

$$x_4 = 1,84 \text{ cm}$$

$$x_5 = 1,86 \text{ cm}$$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7}{n} = \frac{1,85 \text{ cm} + 1,83 \text{ cm} + 1,87 \text{ cm} + 1,84 \text{ cm} + 1,86 \text{ cm} + 1,86 \text{ cm} + 1,86 \text{ cm}}{7}$$

$$\bar{x} = \frac{12,95 \text{ cm}}{7} = 1,85 \text{ cm}$$

$$\Delta x_1 = x_1 - \bar{x} = 1,85 \text{ cm} - 1,85 \text{ cm} = 0$$

$$\Delta x_2 = x_2 - \bar{x} = 1,83 \text{ cm} - 1,85 \text{ cm} = -0,02 \text{ cm}$$

$$\Delta x_3 = x_3 - \bar{x} = 1,87 \text{ cm} - 1,85 \text{ cm} = 0,02 \text{ cm}$$

$$\Delta x_4 = x_4 - \bar{x} = 1,84 \text{ cm} - 1,85 \text{ cm} = -0,01 \text{ cm} = \Delta x_6$$

$$\Delta x_5 = \Delta x_7 = x_5 - \bar{x} = 1,86 - 1,85 \text{ cm} = 0,01 \text{ cm}$$

$$e_{r1} = 0 \quad \text{y} \quad e_{r1\%} = 0$$

$$e_{r2} = \frac{\Delta x_2}{\bar{x}} = -0,01 \Rightarrow e_{r2\%} = -1,1\%$$

$$e_{r3} = \frac{\Delta x_3}{\bar{x}} = 0,01 \Rightarrow e_{r3\%} = 1,1\%$$

$$e_{r4} = e_{r6} = \frac{-0,01}{1,85} \Rightarrow e_{r4} = e_{r6} = -5,4 \cdot 10^{-3}$$

$$e_{r4\%} = e_{r6\%} = -0,54\%$$

$$e_{r5} = e_{r7} = \frac{0,01}{1,85} \Rightarrow e_{r5} = e_{r7} = 5,4 \cdot 10^{-3}$$

$$e_{r5\%} = e_{r7\%} = 0,54\%$$

$$(13) L = (2 \pm 0,01) \text{ m} \quad e_L = ?$$

$$e_{L\%} = ?$$

$$e_L = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0,01 \text{ m}}{2 \text{ m}} \Rightarrow e_L = 5 \cdot 10^{-3}$$

$$e_{L\%} = e_L \cdot 100 = \boxed{0,5\%}$$

$$(14) e_{\%} = 4\% \quad e = ?$$

$$\bar{X} = 1,85 \text{ m} \quad \Delta X = ?$$

$$e_{\%} = e \cdot 100$$

$$e = \boxed{0,04}$$

$$e = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \Rightarrow \bar{X} \cdot e = \Delta X$$

$$\Delta X = 0,04 \cdot 1,85 \text{ m}$$

$$\Delta X = \boxed{0,074 \text{ m}}$$

$$X = \boxed{1,85 \text{ m} \pm 0,074 \text{ m}}$$

$$(15) P_A = (4 \pm 0,02) \vec{\text{kg}}$$

$$P_B = (0,08 \vec{\text{kg}} \pm 0,002 \vec{\text{kg}})$$

$$e_{A\%} = \frac{\Delta P_A}{P_A} \cdot 100$$

$$e_{B\%} = \frac{\Delta P_B}{P_B} \cdot 100$$

$$e_{A\%} = \frac{0,02}{4} \cdot 100$$

$$e_{B\%} = \frac{0,002}{0,08} \cdot 100$$

$$e_{A\%} = 0,5\%$$

$$e_{B\%} = 4000\%$$

Le mepris es la Pumeral.



16)  $E_h = ?$

$EL = 2,4567 \text{ cm}$

Cont. pag = 625

Cont. Tapa  $\rightarrow 0,5 \text{ mm}$

$E_{\text{total h}} = EL - 2ET$

$E_{\text{total h}} = 2,4567 \text{ cm} - 2 \cdot 0,5 \text{ mm}$

$E_{\text{total h}} = 2,4567 \text{ cm} - 0,1 \text{ cm}$

$E_{\text{total h}} = 2,3567 \text{ cm}$

$E_{ch} = \frac{E_{\text{total h}}}{\text{Cont. hojas}} = \frac{2,3567 \text{ cm}}{625}$

$= \frac{0,023567 \text{ m}}{625} = 37,7 \mu\text{m}$

17) Cont. pag = 4500

$EL = 12 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$

$E_H = ?$

$\Rightarrow E_H = \frac{EL}{\text{Cont. pag}} = \frac{0,12 \text{ m}}{4500}$

$E_H = 26,67 \mu\text{m}$

18)  $E_{\text{hoja}} = 25 \mu\text{m}$

$E_{\text{resma}} = ?$

Cont. hojas = 500 hojas

$E_{\text{resma}} = E_{\text{hoja}} \cdot \text{Cont. hojas}$

$= 25 \mu\text{m} \cdot 500$

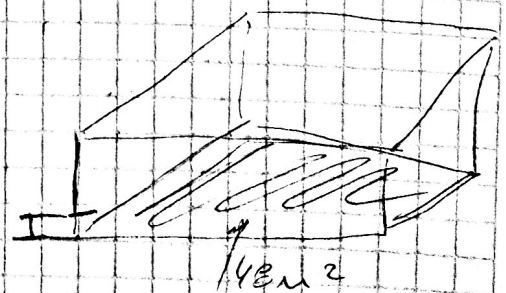
$E_{\text{resma}} = 0,0125 \text{ m} = 12,5 \text{ mm}$

19) Area pino =  $48 \text{ m}^2$

$E_{\text{copo}} = ?$

$V_{\text{valde}} = 15 \text{ l} = 15 \text{ dm}^3 = 0,015 \text{ m}^3$

$E_{\text{copo}} = \frac{V_{\text{valde}}}{\text{Area pino}} = \frac{0,015 \text{ m}^3}{48 \text{ m}^2} = 312,5 \mu\text{m}$



$\text{Vol} = \text{super. espesa}$   
 $E_{\text{espa}} = \frac{\text{vol}}{\text{super}}$



$$\textcircled{20} \quad d = 0,5 \text{ mm}$$

$$A = 0,02 \text{ mm}$$

$$NV = ?$$

$$A = \frac{d}{NV} = \frac{0,5 \text{ mm}}{NV}$$

$$NV = \frac{0,5 \text{ mm}}{0,02 \text{ mm}} = \boxed{25 \text{ div}}$$

Ocupa 24 de longitud mayor que el esta graduado en 0,5 mm  
ocupa 12 mm.

$$\textcircled{21} \quad NV = 25 \text{ div}$$

$$d = 0,5 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow A = \frac{d}{NV} = \frac{0,5 \text{ mm}}{25 \text{ div}}$$

$$A = 0,02 \text{ mm} = \boxed{\frac{1}{50} \text{ mm}}$$

$$\textcircled{22} \quad XL_1 = 1,58 \text{ mm}$$

$$XL_2 = 1,55 \text{ mm}$$

$$XL_3 = 1,57 \text{ mm}$$

$$XL_4 = 1,56 \text{ mm}$$

$$XL_5 = 1,53 \text{ mm}$$

$$\bar{XL} = 1,56 \text{ mm}$$

$$XA_1 = 0,48 \text{ mm}$$

$$XA_2 = 0,49 \text{ mm}$$

$$XA_3 = 0,50 \text{ mm}$$

$$XA_4 = 0,51 \text{ mm}$$

$$XA_5 = 0,52 \text{ mm}$$

$$\bar{XA} = 0,5 \text{ mm}$$

$$\Delta XL = XL_1 - \bar{XL} = 1,58 \text{ mm} - 1,56 \text{ mm}$$

$$\Delta XL = 0,03 \text{ mm}$$

$$\Delta XA = 0,52 \text{ mm} - 0,50 = 0,02 \text{ mm}$$

Sup  $\square =$

$$XL = 1,56 \text{ mm} \pm 0,03 \text{ mm}$$

$$XA = 0,5 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$$

$$\Delta \text{ Sup } \square = (1,56 \text{ mm} \pm 0,03 \text{ mm}) \cdot (0,5 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm})$$

$$\text{Sup } \square = 0,78 \text{ m}^2 \pm (0,0312 + 0,015)$$

$$\text{Sup } \square = 0,78 \text{ m}^2 \pm 0,0462 \text{ m}^2$$

$$\boxed{\text{Sup } \square = 78 \text{ dm}^2 \pm 4,62 \text{ dm}^2}$$

$$(23) V = 12000 \pm 30 \text{ l}$$

Cuanto mide el lado del cubo.

$$V_{\text{cubo}} = l \text{ dm}^3 \Rightarrow V = (12000 \pm 30) \text{ dm}^3$$

En un cubo todos los lados son iguales.

$$V_{\text{cubo}} = l^3$$

$$\begin{aligned} \sqrt[3]{V} &= \sqrt[3]{V} \pm \left| \frac{1}{m} \right| \cdot \frac{\Delta V}{V} \\ &= \sqrt[3]{12000} \pm \left| \frac{1}{3} \right| \cdot \frac{30}{12000} \\ &= 22,9 \pm 8,3 \cdot 10^{-4} \text{ dm} \\ &= 2,29 \text{ m} \pm 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ m} \end{aligned}$$

$$(24) r = (4 \pm 0,01) \text{ cm}$$

$$V = ?$$

$$h = (22 \pm 0,05) \text{ cm}$$

$$e_{\pi} = \frac{\Delta \pi}{\pi}$$

$$\frac{\Delta \pi}{\pi} < 10 \cdot \frac{\Delta h}{h}$$

$$e_{\pi} \leq 10 e_{ch}$$

$$e_{\pi} < 0,023 \Rightarrow e_{\pi} = 0,02$$

$$\frac{\Delta \pi}{\pi} < 10 \cdot \frac{0,05}{22}$$

$$\frac{\Delta \pi}{\pi} < 0,023 \Rightarrow \frac{\Delta \pi}{\pi} = 0,02 \Rightarrow \Delta \pi = 0,06$$

$$\pi = 3,14 \rightarrow \text{Radio Tomar } 3,1 \Rightarrow \pi - 3,1 = 0,041$$

$$V_{\text{B}} = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3,14 \cdot (16 \pm 5 \cdot 10^{-3}) \text{ cm}^2 \cdot (22 \pm 0,05) \text{ cm} \left( r^2 = 4^2 \pm 121 \frac{0,01}{4} \right)$$

$$V_{\text{B}} \approx 3,14 \cdot (352 \pm 0,91)$$

$$V_{\text{B}} = 1105 \text{ cm}^3 \pm 2,86 \text{ cm}^3$$

$$\textcircled{25} \quad er_l = 0,2\%$$

$$V_{\square} = \text{Sup base} \cdot h$$

$$er_{V_{\square}} \leq 0,2\%$$

Se tiene en cuenta que en la multiplicación de los errores relativos se suman!

$$\rightarrow V_{\square} = L^2 \cdot h \quad \rightarrow \text{base cuadrado resp} = L^2$$

$$V_{\square} = L \cdot L \cdot h$$

$$er_{V_{\square}} = 2er_L + er_h$$

$$0,2\% = 0,1\% + 0,1\%$$

$$2er_L = 0,1\%$$

$$er_L = \frac{0,1\%}{2} = 0,05\%$$

$$er_h = 0,1\%$$

$$er_L = 0,05\%$$