



Introdução à Física Experimental

Licenciatura em Física
1º período

Aula 5: Comparação de incertezas instrumentais e incerteza no cálculo do volume de objetos

Profa Marcia Saito

marcia.saito@ifpr.edu.br

Medidas Físicas

- ▶ Medida \neq valor verdadeiro da grandeza
- ▶ Até agora falamos de incerteza de cálculos
- ▶ Instrumento de medida \rightarrow precisão
- ▶ Qual a diferença das seguintes medidas?

1,0 cm

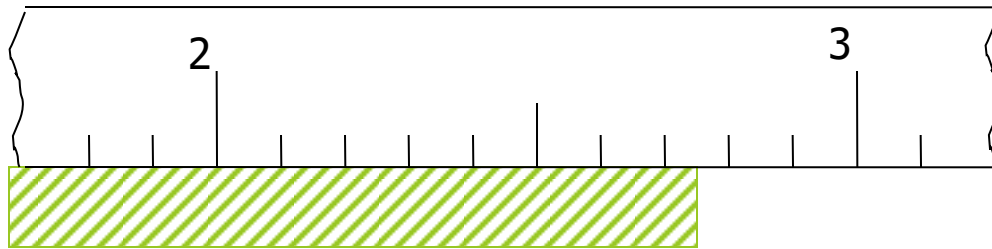
1,00 cm

1,000 cm

1,0000 cm

Representação numérica

- ▶ Se toda medida tem uma incerteza, como representá-la?
 - (Valor \pm incerteza)

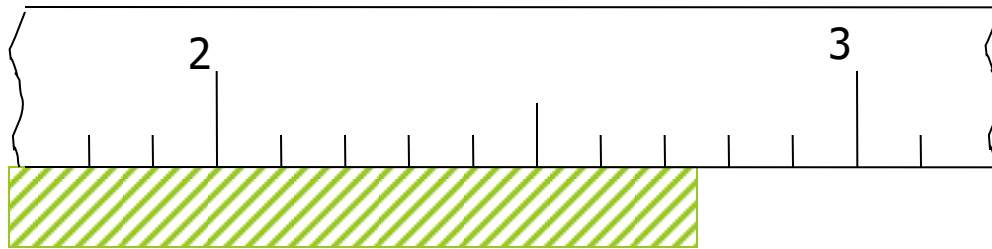


(2,70) cm

tenho "certeza" estou em "dúvida"

Representação numérica

- ▶ Se toda medida tem uma incerteza, como representá-la?
 - (Valor \pm incerteza)



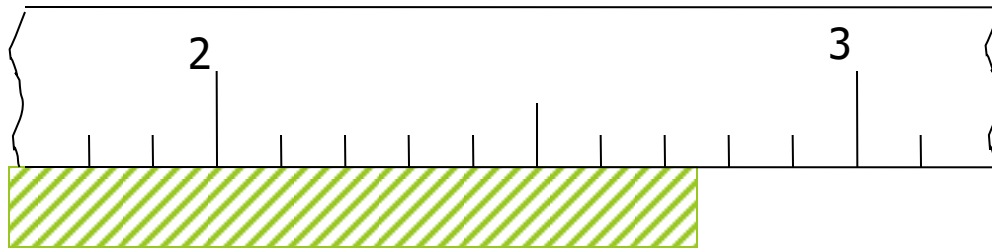
(2,74 \pm ?) cm

tenho "certeza"

estou em "dúvida"

Representação numérica

- ▶ Como avaliar a incerteza?
 - Devo considerar a dificuldade de leitura e
 - a imprecisão do equipamento.



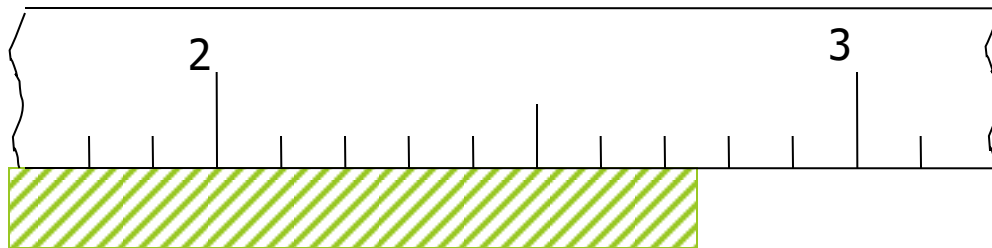
$(2,74 \pm ?) \text{ cm}$

tenho "certeza"

estou em "dúvida"

Representação numérica

- ▶ Como avaliar a incerteza?
 - Devo considerar a dificuldade de leitura e
 - a imprecisão do equipamento.

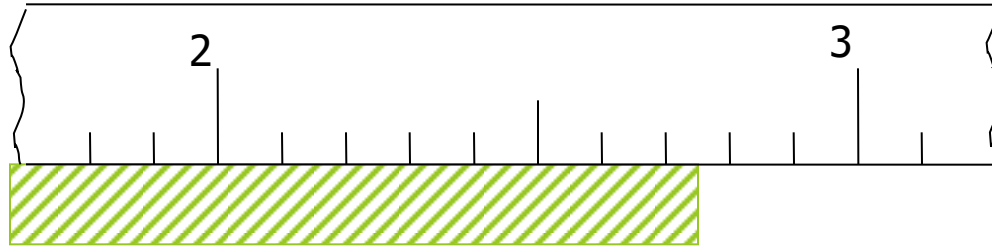


$(2,74 \pm 0,05) \text{ cm}$



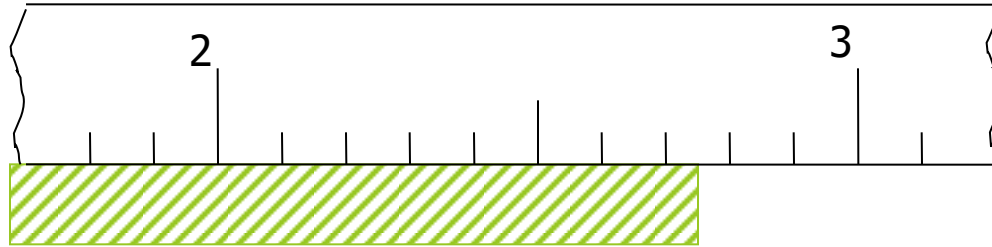
metade da menor divisão ($1 \text{ mm} \div 2 = 0,5 \text{ mm} = 0,05 \text{ cm}$)

Algarismos significativos



- ▶ $(2,74 \pm 0,05)$ cm
- ▶ Algarismos significativos são aqueles que têm significado
- ▶ Dizemos que os algarismos 2, 7 e 4 são os algarismos significativos do valor da medida, sendo 4 o algarismo duvidoso;
- ▶ E 5 é o único algarismo significativo da incerteza.

Algarismos significativos



- ▶ Zeros à esquerda não são significativos, enquanto à direita podem ser
Ex: 0,000043 tem apenas 2 algarismos significativos
Ex: 2,3500 tem 5 algarismos significativos

Algarismos significativos

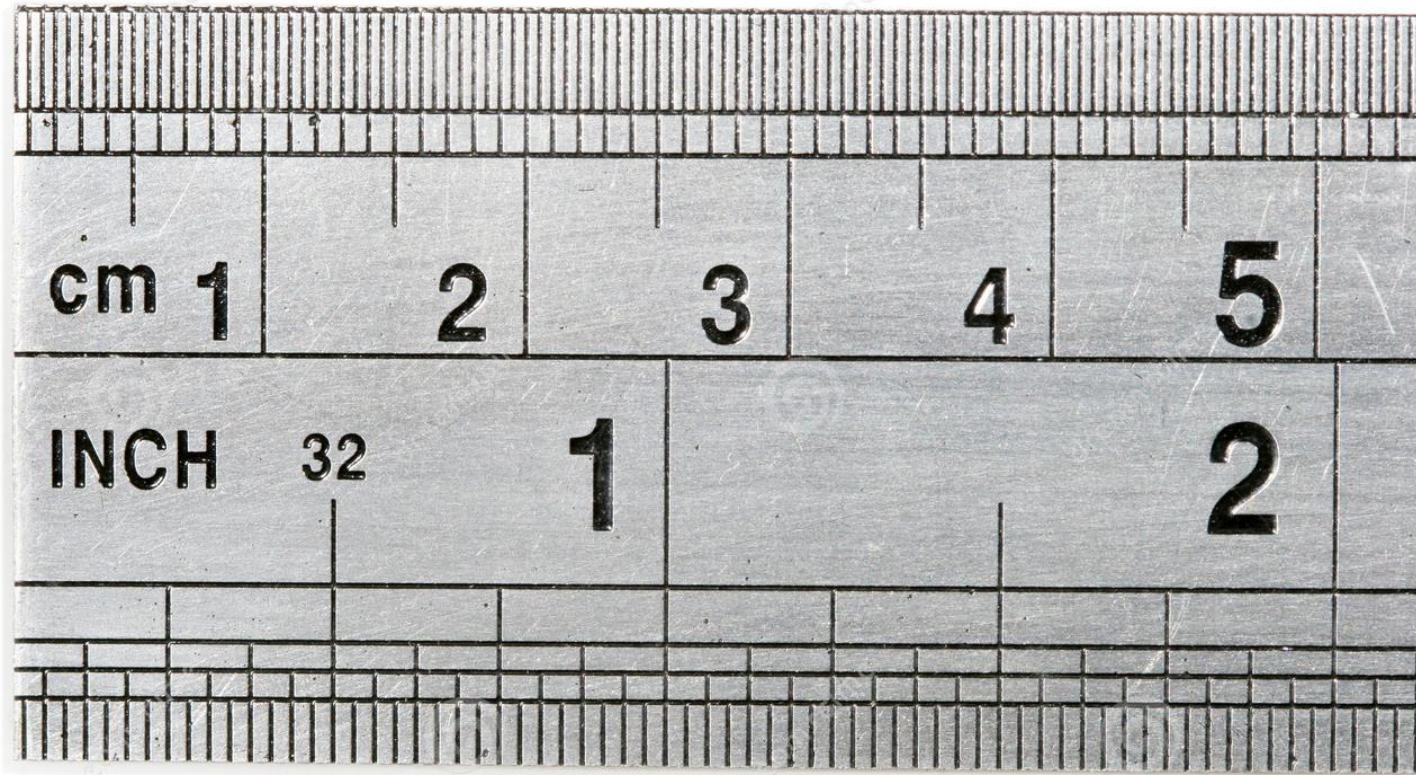
- ▶ Regra geral:
 - Só faz sentido colocar **um** (em alguns casos dois) **algarismo significativo** na incerteza, no caso de leitura de equipamentos.
 - É a incerteza **é que determina** o número de algarismos significativos da medida.
 - Forma correta: $(2,74 \pm 0,05)$ cm



Instrumentos de medidas

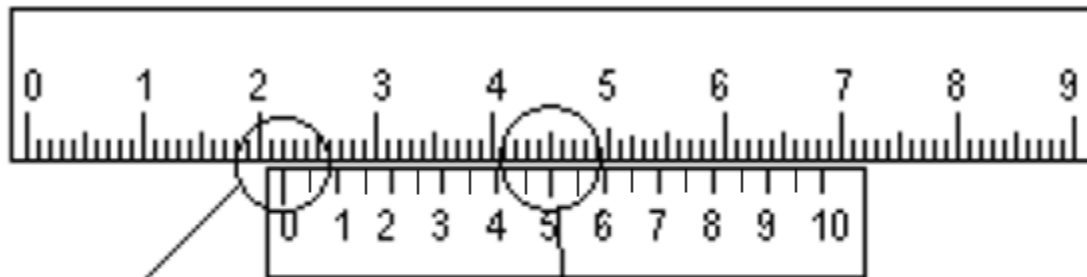
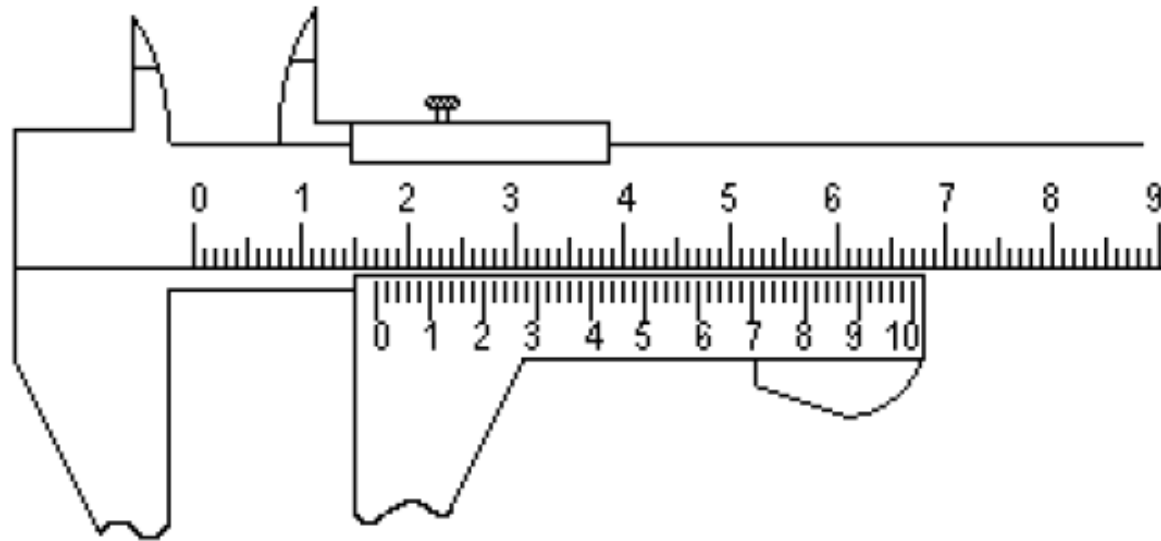
- ▶ Régua

$\sigma = ?$



► Paquímetro analógico

$\sigma=?$

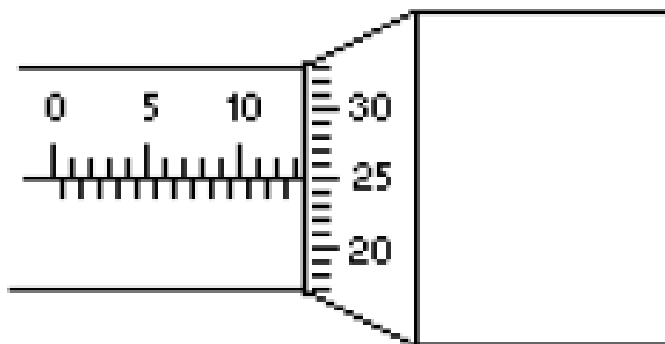
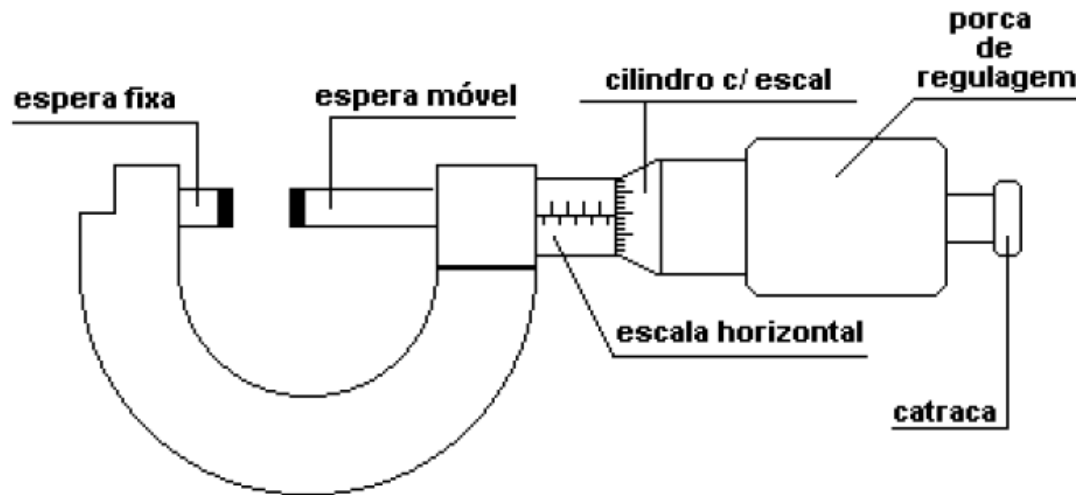


22,00 + 0,50 mm = 22,50 mm

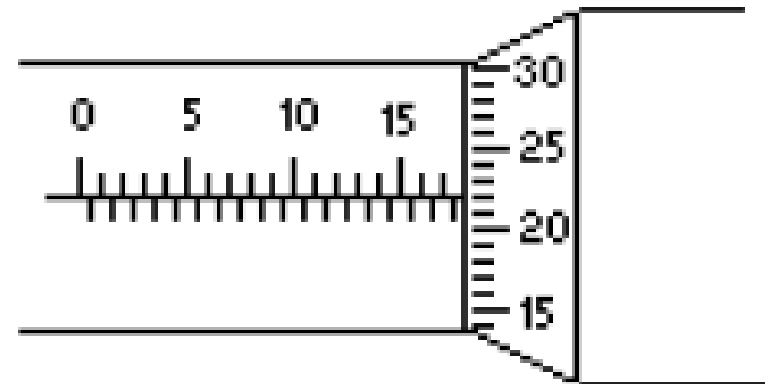
(22,50 ± 0,05) mm

► Micrômetro analógico

$\sigma=?$

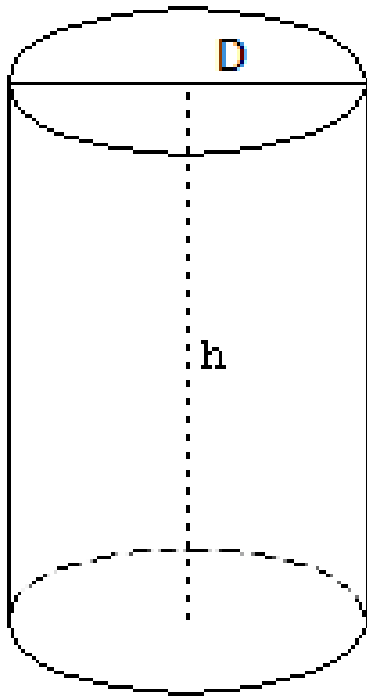


$(13,250 \pm 0,005) \text{ mm}$




$(17,720 \pm 0,005) \text{ mm}$

Experimento 3: parte 1



- ▶ Medir diâmetro (D) e altura (h) de uma rolha 1 vez, com cada instrumento de medida
- ▶ Utilizar régua, paquímetro e micrômetro analógicos
- ▶ Estimar da melhor forma possível o algarismo duvidoso
- ▶ Calcular o volume do cilindro para cada instrumento
- ▶ Ajustar os algarismos significativos
- ▶ Comparar a precisão dos equipamentos, baseado nos algarismos significativos

► Representação da medida

$$L = \ell \pm \delta\ell = (13,4 \pm 0,1) \text{ cm}$$


► Cálculo do volume do cilindro

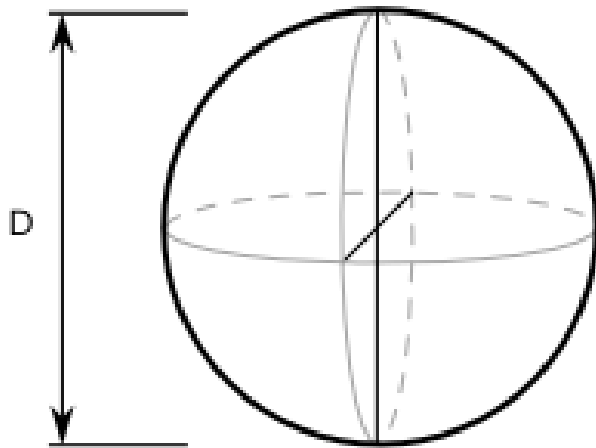
$$V = \frac{\pi D^2}{4} h$$

Experimento 3: parte 1

- ▶ Completar a tabela:

			Resultados	Só algarismos significativos
Instrumento	$h \pm \sigma h$ ()	$D \pm \sigma D$ ()	$V \pm \sigma V$ ()	$V \pm \sigma V$ ()
régua				
paquímetro analógico				
micrômetro analógico				

Experimento 3: parte 2



- ▶ Medir o diâmetro de uma esfera 10 vezes
- ▶ Utilizar paquímetro analógico
- ▶ Calcular a média e o desvio padrão da média do diâmetro
- ▶ Calcular o volume da esfera
- ▶ Medir a sua massa
- ▶ Calcular a sua densidade
- ▶ Ajustar os algarismos significativos
- ▶ Comparar a densidade obtida com a densidade teórica do vidro

Experimento 3: parte 2

- ▶ Completar a tabela:

	D ()
	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
$D \pm \sigma D$ ()	
$V \pm \sigma V$ ()	
$m \pm \sigma m$ ()	
$d \pm \sigma d$ ()	

Média, desvio padrão e desvio padrão da média

▶ Média

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

n é o nº total de medidas
 x_i é o valor de cada
medida.

▶ Desvio padrão

Desvio padrão da média

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Incerteza final de uma série de medidas

$$\sigma_{final} = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_{inst}^2}$$

- ▶ σ_m : desvio padrão da média
- ▶ σ_{inst} : incerteza do instrumento de medida

- ▶ Cálculo do volume da esfera

$$V = \frac{\pi D^3}{6}$$

$$\sigma_v=?$$

- ▶ Cálculo da densidade da esfera

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

$$\sigma_d=?$$