

Lista Exercícios de Física Experimental 1

1. A notação científica facilita a transformação de unidades. Faça as transformações lembrando de manter o mesmo número de algarismos significativos.

- a) $123,89 \text{ km}^3$ para $\text{mm}^3 \Rightarrow 1,2389 \times 10^{20} \text{ mm}^3$
- b) $1,576 \text{ cm}^2$ para hm^2 (lembrando que h é o prefixo de 10^2) $\Rightarrow 1,576 \times 10^{-8} \text{ hm}^2$
- c) $1,3 \text{ km/h}$ para $\text{mm/s} \Rightarrow 3,6 \times 10^2 \text{ mm/s}$
- d) $5,14 \text{ cm}$ para $\text{m} \Rightarrow 5,14 \times 10^{-2} \text{ m}$
- e) $0,02 \text{ g}$ para $\text{kg} \Rightarrow 2 \times 10^{-5} \text{ kg}$
- f) $2,001 \text{ kg/m}^3$ para $\text{g/cm}^3 \Rightarrow 2,001 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$
- g) $7,78999 \times 10^{-3} \pm 2,3489 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^3$ para $\text{kg/m}^3 \Rightarrow (7,78999 \pm 0,02349) \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = (7,790 \pm 0,023) \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

2. Na tabela abaixo alguns exemplos de medidas. Diga a quantidade de algarismos significativos em cada uma.

Medida	Número de Algarismos Significativos
$7,0 \times 10^2 \text{ km}$	2
0,000005 ohms	1
0,0013 A	2
$6,6 \times 10^{11} \text{ anos}$	2
0,0450 mm	3
$0,0001540 \text{ K}^{-1}$	4
$0,0001540 \text{ K}^{-1}$	4
35,40 g	4
$9,8067 \text{ m/s}^2$	5
$1,9764 \times 10^{-23} \text{ átomos de Na}$	5
15000 s	5
$4,00000 \times 10^{-3} \text{ eV/C}$	6

3. Arredonde os valores (medidas) apresentados abaixo, sabendo que o algarismo significativo duvidoso se encontra em negrito.

	Valores	Valores arredondados
1	1524, 5 72 cm ³	1525
2	699, 0 5 mm Hg	700
3	1, 5 500 Wb/m ²	1,56
4	25, 1 65 mm Hg	25,2
5	12, 1 254 g	12,13
6	4, 8 205 dyn/cm ²	4,8
7	0,003 5 5 cal/g	0,0036
8	2, 6 500 m	2,7
9	0,0012 1 52 A	0,00122
10	0, 5 431 N/m	0,54
11	1, 9 500 dyn/cm ²	2,0
12	2 8 ,500 J	29

Fonte: UDESC (2010)

4. 3) Indique (coluna vazia), com o número de algarismos significativos A.S adequados, os seguintes desvios padrões:

	σ_p	Número A.S. σ_p
1	0,144 m	3
2	1,026 s	4
3	100 m	3
4	2,31 kg	3
5	2,78 cm	3
6	3,49 m	3
7	3,51 m	3
8	4,41 N	3
9	0,00504 m	3
10	6,66 mm	3
11	800 g	3
12	0,09511 kg	4

Fonte: Vuolo (1996)

5. Considere as seguintes medidas: $0,001 \text{ m}^2$; $9,876 \text{ km}^2$; $97,3 \text{ cm}^2$; $0,0034 \text{ dm}^2$; $12,00 \text{ mm}^2$; $1,03 \times 10^{-2} \text{ dam}^2$; 16 hm^2 . Transforme as unidades das medidas para as seguintes unidades: km^2 , hm^2 , dam^2 , m^2 , dm^2 , cm^2 , mm^2 , μm^2 , e nm^2 , e escreva o resultado em notação científica.

	$0,001 \text{ m}^2$	$9,876 \text{ km}^2$	$97,3 \text{ cm}^2$	$0,0034 \text{ dm}^2$
km^2	1×10^{-9}	$9,876 \times 10^0$	$9,73 \times 10^{-9}$	$3,4 \times 10^{-11}$
hm^2	1×10^{-7}	$9,876 \times 10^2$	$9,73 \times 10^{-7}$	$3,4 \times 10^{-9}$
dam^2	1×10^{-5}	$9,876 \times 10^4$	$9,73 \times 10^{-5}$	$3,4 \times 10^{-7}$
m^2	1×10^{-3}	$9,876 \times 10^6$	$9,73 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-5}$
dm^2	1×10^{-1}	$9,876 \times 10^8$	$9,73 \times 10^{-1}$	$3,4 \times 10^{-3}$
cm^2	1×10^1	$9,876 \times 10^{10}$	$9,73 \times 10^1$	$3,4 \times 10^{-1}$
mm^2	1×10^3	$9,876 \times 10^{12}$	$9,73 \times 10^3$	$3,4 \times 10^1$
μm^2	1×10^9	$9,876 \times 10^{18}$	$9,73 \times 10^9$	$3,4 \times 10^7$
nm^2	1×10^{15}	$9,876 \times 10^{24}$	$9,73 \times 10^{15}$	$3,4 \times 10^{13}$

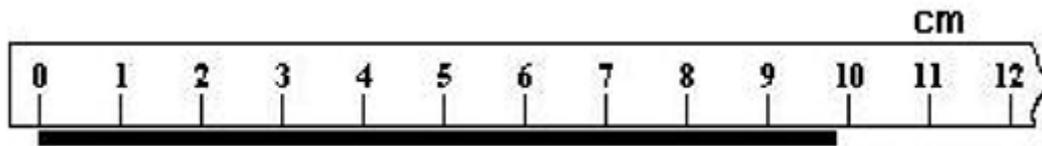
	$12,00 \text{ mm}^2$	$1,03 \times 10^{-2} \text{ dam}^2$	16 hm^2
km^2	$1,200 \times 10^{-11}$	$1,03 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-1}$
hm^2	$1,200 \times 10^{-9}$	$1,03 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^1$
dam^2	$1,200 \times 10^{-7}$	$1,03 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^3$
m^2	$1,200 \times 10^{-5}$	$1,03 \times 10^0$	$1,6 \times 10^5$
dm^2	$1,200 \times 10^{-3}$	$1,03 \times 10^2$	$1,6 \times 10^7$
cm^2	$1,200 \times 10^{-1}$	$1,03 \times 10^4$	$1,6 \times 10^9$
mm^2	$1,200 \times 10^1$	$1,03 \times 10^6$	$1,6 \times 10^{11}$
μm^2	$1,200 \times 10^7$	$1,03 \times 10^{12}$	$1,6 \times 10^{17}$
nm^2	$1,200 \times 10^{13}$	$1,03 \times 10^{18}$	$1,6 \times 10^{23}$

6. Considere as seguintes medidas: $0,01 \text{ mm}^3$; $1,678 \times 10^{-4} \text{ km}^3$; $7,005 \times 10^7 \text{ nm}^3$; $9,99 \times 10^{-1} \text{ cm}^3$; $1,00000 \times 10^{-5} \text{ m}^3$; $0,000002 \text{ dm}^3$; $1,093 \times 10^5 \text{ dam}^3$. Transforme as unidades das medidas para as seguintes unidades: km^3 , hm^3 , dam^3 , m^3 , dm^3 , cm^3 , mm^3 , μm^3 , e nm^3 , e escreva o resultado em notação científica lembrando de manter o mesmo número de algarismos significativos.

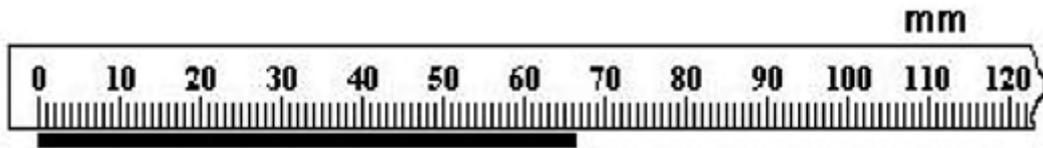
	$0,01 \text{ mm}^3$	$1,678 \times 10^{-4} \text{ km}^3$	$7,005 \times 10^7 \text{ nm}^3$	$9,99 \times 10^{-1} \text{ cm}^3$
km^3	1×10^{-20}	$1,678 \times 10^{-4}$	$7,005 \times 10^{-29}$	$9,99 \times 10^{-16}$
hm^3	1×10^{-17}	$1,678 \times 10^{-1}$	$7,005 \times 10^{-26}$	$9,99 \times 10^{-13}$
dam^3	1×10^{-14}	$1,678 \times 10^2$	$7,005 \times 10^{-23}$	$9,99 \times 10^{-10}$
m^3	1×10^{-11}	$1,678 \times 10^5$	$7,005 \times 10^{-20}$	$9,99 \times 10^{-7}$
dm^3	1×10^{-8}	$1,678 \times 10^8$	$7,005 \times 10^{-17}$	$9,99 \times 10^{-4}$
cm^3	1×10^{-5}	$1,678 \times 10^{11}$	$7,005 \times 10^{-14}$	$9,99 \times 10^{-1}$
mm^3	1×10^{-2}	$1,678 \times 10^{14}$	$7,005 \times 10^{-11}$	$9,99 \times 10^2$
μm^3	1×10^7	$1,678 \times 10^{23}$	$7,005 \times 10^{-2}$	$9,99 \times 10^{11}$
nm^3	1×10^{16}	$1,678 \times 10^{32}$	$7,005 \times 10^7$	$9,99 \times 10^{20}$

	$1,00000 \times 10^{-5} \text{ m}^3$	$0,000002 \text{ dm}^3$	$1,093 \times 10^5 \text{ dam}^3$
km^3	$1,00000 \times 10^{-14}$	2×10^{-18}	$1,093 \times 10^{-1}$
hm^3	$1,00000 \times 10^{-11}$	2×10^{-15}	$1,093 \times 10^2$
dam^3	$1,00000 \times 10^{-8}$	2×10^{-12}	$1,093 \times 10^5$
m^3	$1,00000 \times 10^{-5}$	2×10^{-9}	$1,093 \times 10^8$
dm^3	$1,00000 \times 10^{-2}$	2×10^{-6}	$1,093 \times 10^{11}$
cm^3	$1,00000 \times 10^1$	2×10^{-3}	$1,093 \times 10^{14}$
mm^3	$1,00000 \times 10^4$	2×10^0	$1,093 \times 10^{17}$
μm^3	$1,00000 \times 10^{13}$	2×10^9	$1,093 \times 10^{26}$
nm^3	$1,00000 \times 10^{22}$	2×10^{18}	$1,093 \times 10^{35}$

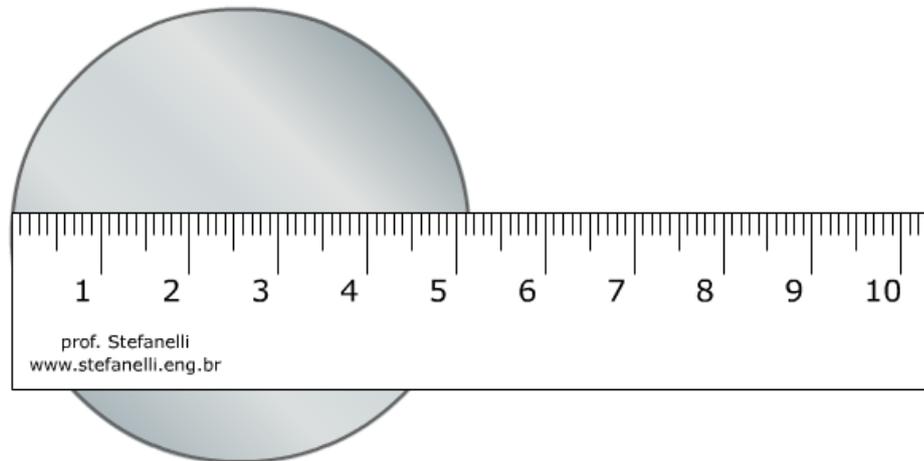
7. Para as figuras de réguas abaixo, faça a leitura da medida com o erro, em cm.



a) Leitura: $9,9 \pm 0,5$ cm



b) Leitura: $66,5 \pm 0,5$ mm = $6,65 \pm 0,05$ cm



c) Leitura: $51,5 \pm 0,5$ mm = $5,15 \pm 0,05$ cm

8. Nas medidas abaixo, faça os arredondamentos de acordo com o número de Algarismos Significativos (A. S.) solicitados.

- $1,55500$ Wb/m² $\underline{1,56}$ Wb/m² (3 A.S.)
- $0,00355$ cal/g $\underline{0,0036}$ cal/g (2 A.S.)
- $129,500$ g/s $\underline{130}$ g/s (3 A.S.)
- $1,9500$ dyn/cm² $\underline{2,0}$ dyn/cm² (2 A.S.)
- 26500 m $\underline{27 \times 10^3 = 2,7 \times 10^4}$ m (2 A.S.)
- $28,500$ J $\underline{29}$ J (2 A.S.)
- $0,0004500$ N.m $\underline{5,00 \times 10^{-4}}$ N.m (3 A.S.)
- $9,50000$ C/g $\underline{10}$ C/g (2 A.S.)
- 349999 mm $\underline{3,5 \times 10^5}$ mm (2 A.S.)

9. A relação entre a altura h atingida por um líquido em um tubo capilar vertical, e o raio r do tubo, é dada por: $h = 2 \delta / (\mu r)$, onde δ é a tensão superficial do líquido, μ sua massa específica, e g a aceleração da gravidade. Determine a altura, com o erro propagado por derivada parcial, atingida pelo álcool em um capilar com $(0,40 \pm 0,01)$ mm de raio, dado que $\delta = (22,3 \pm 0,5) \times 10^{-5}$ N/cm, $\mu = (0,7894 \pm 0,0012)$ g/cm³ e $g = 9,8066$ m/s².

$$h = 1,44 \pm 0,07 \text{ cm}$$

10. Reescreva cada uma das seguintes medidas na sua forma mais apropriada * Observar que adotamos DOIS algarismos significativos no erro propagado. O número de casas decimais do erro deve ser igual ao da medida

- a) $v = 8,163456 \pm 0,0312$ m/s = $8,163 \pm 0,031$ m/s
 b) $m = 7,6789 \times 10^{-6} \pm 5 \times 10^{-8}$ kg = $(7,679 \pm 0,050) \times 10^{-6}$ kg
 c) $V = 9,78236 \pm 0,0504$ m³ = $(9,782 \pm 0,050)$ m³
 d) $t = 2,2675 \pm 0,2384$ s = $2,27 \pm 0,24$ s
 e) $x = 0,00326 \pm (2 \times 10^{-4})$ = $(3,26 \pm 0,20) \times 10^{-3}$ kg

11. Considere que a medição do comprimento L de objetos idênticos, realizada por um grupo de alunos com o auxílio de uma régua centimétrica, forneceu as seguintes leituras abaixo. Calcule a) média aritmética das medidas \bar{L} , b) o desvio padrão amostral das medidas σ_L e c) Forneça o valor de L com o erro combinado (instrumental e estatístico): $L = \bar{L} \pm \sigma_C$ d) calcule também o desvio padrão médio

i	L _i (cm)
1	241,0
2	241,2
3	241,3
4	240,6
5	241,3
6	241,7
7	241,1
8	240,9
9	240,5
10	240,8

i	L _i (cm)
11	240,8
12	240,9
13	241,4
14	241,2
15	241,1
16	240,4
17	241,3
18	241,5
19	240,7
20	241,0

i	L _i (cm)
21	241,1
22	241,1
23	241,6
24	240,9
25	241,2
26	240,5
27	240,7
28	240,8
29	241,4
30	241,0

i	L _i (cm)
31	240,9
32	241,0
33	240,7
34	240,8
35	241,1
36	241,0
37	241,5
38	240,6
39	241,2
40	241,4

i	L _i (cm)
41	240,7
42	240,8
43	241,0
44	241,0
45	240,9
46	241,3
47	240,9
48	241,2
49	241,1
50	240,6

Resposta a) 241,014 cm, b) 0,2997 cm, c) $241,01 \pm 0,58$ cm, d) $= 0,2997 / \sqrt{50}$

12. Os números anotados na tabela referem-se às medidas do comprimento de tiras de papel.

L(cm)	13,72	13,70	13,69	13,73	13,74	13,72	13,73	13,72	13,73	13,74	13,71
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Calcule (a) o valor médio do comprimento, (b) o desvio padrão, e (c) o erro combinado e (d) o erro percentual, considerando que o valor tabelado para a amostra é 13,70 cm

a) 13,72 cm, b) 0,016 cm, c) 0,052 cm, d) 0,15 %

13. Canetas esferográficas idênticas foram medidas por um grupo de alunos com o auxílio de uma régua milimetrada. O comprimento L de cada uma delas forneceu as seguintes leituras:

L (mm)	140,2	140,3	140,1	140,3	140,1	139,8	140,0	140,5	140,4	140,0	140,2
	140,1	140,3	139,7	140,1	139,8	140,2	139,9	139,8	139,7	139,7	140,0

Calcule (a) o valor mais provável do comprimento (média), (b) o desvio padrão amostral da medida. (c) Escreva o resultado da medida no formato adequado para um relatório (com o erro combinado).

a) 140,1 mm, b) 0,2 mm, c) $(140,1 \pm 0,5)$ mm

14. Usando os dados abaixo, calcule (propagando o erro por derivada parcial!):

- a área do triângulo: $b = (1,00 \pm 0,11)$ mm e $h = (1,24 \pm 0,02)$ mm;
- a área do retângulo: $a = (7,48 \pm 0,24)$ km e $b = (1,34 \pm 0,08)$ km;
- o volume do cilindro: $D = (2,31 \pm 0,09)$ cm e $L = (7,50 \pm 0,02)$ cm;
- o volume da esfera: $D = (9,10 \pm 0,03)$ cm;
- a área do disco: $D = (6,18 \pm 0,05)$ cm;

- $(0,62 \pm 0,07)$ mm²
- $(10,02 \pm 0,68)$ m²
- $(31,4 \pm 2,5)$ cm³
- $(394,6 \pm 3,9)$ cm³
- $(30,00 \pm 0,49)$ cm²

15. Em um experimento de dilatação volumétrica mediou-se o volume (V) de uma esfera para várias temperaturas (T), obtendo-se uma tabela de valores de V e de T , cujos dados foram anotados na tabela abaixo.

$V (10^{-9} \text{ m}^3)$	64,1	80,7	97,8	114,9	138,0	162,5	195,0	223,3	260,0
$T (^\circ\text{C})$	60,00	65,00	70,00	75,00	80,00	85,00	90,00	95,00	100,00
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9

a) Construa o gráfico de $V \times T$ em papel milimetrado.

Cada par de valores ($T_i ; V_i$), onde i é o índice que indica a ordem da medida ($i = 1, 2, 3, \dots, 9$), deve ser representado por um ponto em um gráfico cartesiano do tipo y versus x , ou V versus T , pois o volume da esfera é dependente da temperatura. Note-se na própria tabela, que à medida que a temperatura aumenta, o volume da esfera dilata-se, como consequência.

16. Observou-se o movimento de um bloco que desce deslizando um plano inclinado. Obteve-se um conjunto de medidas da velocidade e do tempo, que foram anotados na tabela abaixo. Construa o gráfico em papel milimetrado e (a) a partir do gráfico encontre o coeficiente angular (o que representa?) e linear (b) Usando o método dos mínimos quadrados encontre a e b.

$v (10^{-3} \text{ m/s})$	105,0	150,0	240,0	290,0	340,0	430,0	500,0
$t (10^{-2} \text{ s})$	1,00	2,50	6,00	8,00	10,00	13,50	16,00

17. Considere que foram realizadas medidas do movimento retilíneo de um móvel que se desloca ao longo de uma estrada. Obteve-se um conjunto de valores de sua posição e do tempo, que foram anotados na tabela abaixo.

(a) Construa o gráfico de x versus t em papel milimetrado.

(b) Linearize o gráfico de (a) e a partir do gráfico encontre a aceleração.

(c) Construa o gráfico em papel di-log e encontre a aceleração a partir deste

$x (\text{m})$	58,0	84,0	105,0	150,0	188,0	240,0
$t (\text{s})$	5,25	7,00	8,00	10,00	11,50	13,00

18. Em um experimento sobre MRUV, um grupo de alunos obteve os seguintes dados:

x (m)	8,0	61,0	200,0	317,0	402,0
t (s)	2,0	8,0	15,0	18,0	20,0

- Faça o gráfico “x(t) versus t” em papel milimetrado. Observe o tipo de curva obtida.
- Faça a curva “ x(t) versus t² ” para linearizá-lo.
- Determine os coeficientes angular e linear da reta obtida em (b).
- Escreva a equação para x(t), ajustada aos coeficientes calculados em (c).
- Faça o gráfico de x versus t em papel log-log e encontre a aceleração.

19. Os dados abaixo tabelados estão relacionados por uma equação do tipo: $y(x) = ax^n$

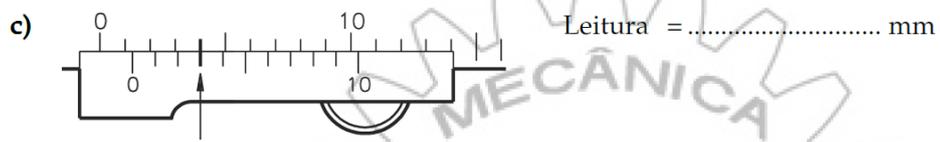
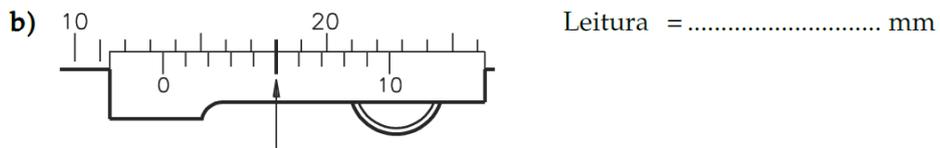
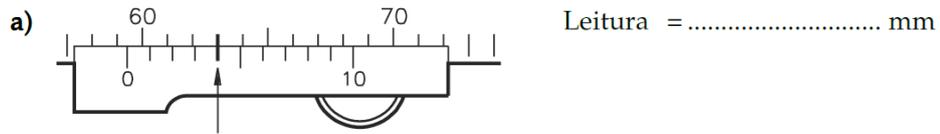
y (litro)	3,21	5,31	8,23	15,00	26,10	53,80
x (h)	1,69	4,93	10,97	28,47	88,83	288,00

- Faça um gráfico “y(x) versus x” em papel milimetrado. Observe que a curva obtida não é linear.
- Para linearizá-la, faça o gráfico “log(y) versus log(x)” em papel milimetrado.
- Determine os coeficientes angular e linear da reta obtida (com a unidade).
- Faça o gráfico “y(x) versus x” em papel di-log.
- Determine os coeficientes angular e linear da reta obtida.
- Compare os resultados obtidos para as constantes a e n, nos dois tipos de papéis.

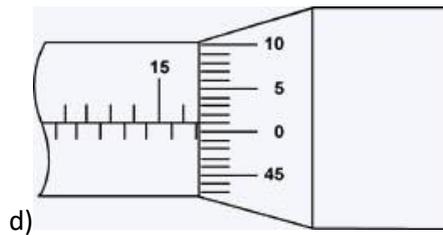
a=2,2

n=0,56

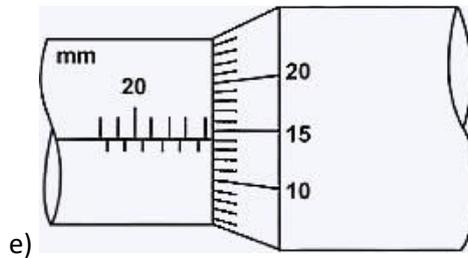
20. Faça a leitura das medidas dos paquímetros (resolução de 0,05 mm) e micrômetros (resolução de 0,01mm) abaixo, com o erro



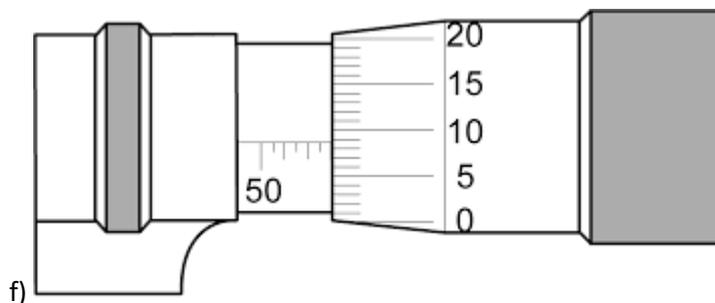
a) $59,40 \pm 0,05$ mm; b) $13,50 \pm 0,05$ mm; c) $1,30 \pm 0,05$ mm



$16,51 \pm 0,01$ mm



$24,14 \pm 0,01$ mm

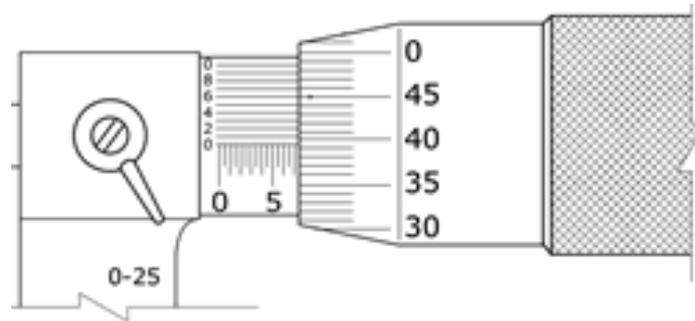


$52,58 \pm 0,01$ mm

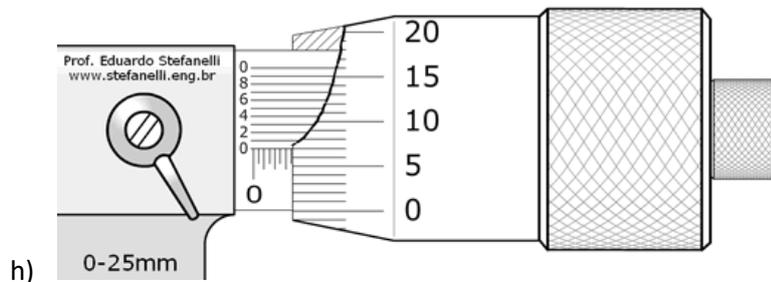
21. Faça a leitura das medidas dos paquímetros (0,05 mm) e micrometro (0,001 mm) com o erro

<p>a) Leitura:</p>	<p>b) Leitura:</p>
<p>c) Leitura:</p>	<p>d) Leitura:</p>
<p>e) Leitura:</p>	<p>f) Leitura:</p>

g)



7,396±0,001 mm



h)

3,579±0,001 mm

22. Estudando o movimento de um carrinho, efetuado ao longo de um trilho de ar (movimento retilíneo uniforme) obteve-se os seguintes dados experimentais:

Posição (mm)	t ₁ (s)	t ₂ (s)	t ₃ (s)	t ₄ (s)	t ₅ (s)	\bar{t} (s)	σ_t (s)
879	0,14	0,15	0,14	0,12	0,12		
895	0,20	0,22	0,24	0,25	0,20		
919	0,32	0,33	0,29	0,34	0,33		
949	0,44	0,45	0,46	0,46	0,45		
964	0,52	0,52	0,51	0,53	0,59		
970	0,64	0,72	0,70	0,69	0,60		

Uma posição para o sensor de medida no trilho foi escolhida e então mediu-se o tempo gasto pelo carrinho para atingi-lo. Esta medida foi feita 5 vezes, correspondendo aos valores t₁, t₂, t₃, t₄ e t₅. Em seguida repetiu-se o procedimento para outras 5 posições do sensor ao longo do trilho.

- (a) Faça um gráfico em papel milimetrado de x versus t (com a barra de erro considerando σ_t o desvio padrão do tempo).
- (b) Determine a velocidade do carrinho e sua posição inicial ajustando uma reta no gráfico de (a)
23. As medidas da massa, comprimento e largura de uma folha foram obtidas 4 vezes e os resultados estão colocados na tabela abaixo. Usando estes dados, determine:

Massa (g)	Largura (cm)	Comprimento (cm)
4,51	21,0	30,2
4,46	21,2	29,8
4,56	20,8	29,9
4,61	21,1	30,1

- a) os valores médios da massa, comprimento e largura da folha;
- b) os desvios padrão das medidas de massa, comprimento e largura da folha;
- c) A área da folha e sua **respectiva incerteza**;
- d) A densidade superficial da folha e sua **respectiva incerteza**.

a) 4,535 g, 21,0 cm, 30,1 cm

b) 0,06 g, 0,2 cm, 0,1 cm

c)

d)

24. No experimento sobre MRUV ($x=x_0+v_0t+0,5at^2$), um grupo de alunos obteve os dados da Tabela abaixo. Considere que o móvel parte do repouso na origem.

t(s)	x(m)
0,505	0,4
0,614	0,6

0,742	0,8
0,930	1,4
1,060	1,8
1,120	2,0

Utilizando o PAPEL MILIMETRADO, faça o gráfico da equação linearizada do MRUV e obtenha a aceleração do movimento.

Utilizando o PAPEL DI-LOG, obtenha pelo gráfico a aceleração do MRUV

25. Calcule o erro da potência para um experimento equivalente calor elétrico. Dados $V=14,8\text{ V}$ e $i=2,92\text{ A}$.

Sabendo que foi utilizado uma fonte Minipa modelo MPL 1303M. Sendo

o erro $V= \pm(1\% \text{ Leitura} + 2D)$ para resolução em $100\text{mV} = 0,348\text{ V}$ (erro instrumental tensão) e

o erro de $i = \pm(1\% \text{ Leitura} + 2D)$ para resolução em $10\text{mA} = 0,0392\text{ A}$ (erro instrumental corrente)

$$P = Vi$$

$P = 43,216\text{ W}$ (não sabemos ainda quantas casas decimais, pois precisamos ver o erro propagado)

$$\Delta P = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)^2 \sigma_{V,\text{combinado}}^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial i}\right)^2 \sigma_{i,\text{combinado}}^2}$$

$$\frac{\partial P}{\partial V} = i$$

$$\frac{\partial P}{\partial i} = V$$

$$\sigma_{V,\text{erro combinado}} = \sqrt{\sigma_{V,\text{instrumental}}^2 + \sigma_{V,\text{aleatório}}^2}$$

$$\sigma_{V,\text{erro combinado}} = \sqrt{0,348^2 + 0^2} = 0,348\text{ V}$$

$$\sigma_{i,\text{erro combinado}} = \sqrt{\sigma_{i,\text{instrumental}}^2 + \sigma_{i,\text{aleatório}}^2}$$

$$\sigma_{i,\text{erro combinado}} = \sqrt{0,0392^2 + 0^2} = 0,0392\text{ A}$$

$$\Delta P = \sqrt{(2,92)^2 0,348^2 + (14,8)^2 0,0392^2} = 1,170113999\text{ W} = 1,2\text{ W}^*$$

*Para erro propagado usar 2 AS e ao escrever a medida final, o número de casas decimais da medida tem que ser igual ao do erro

$$P = (43,2 \pm 1,2)\text{ W}$$

26. Em motores a explosão (gasolina, álcool e diesel) uma propriedade importante é a cilindrada, o qual se refere ao volume total dos cilindros. Por exemplo, um carro cujo volume dos cilindros é 1000 cm^3 diz-se que sua cilindrada é 1.0, 1600 cm^3 , diz-se 1.6 e assim por diante.

Você interessado em descobrir a cilindrada de um trator, decidiu medir o diâmetro (D) e a altura (h) de um cilindro, encontrando os seguintes valores:

Diâmetro (cm) Altura (cm)

10,0	14,3
9,8	14,2
9,9	14,4
10,1	13,9
10,2	14,0
10,3	14,1
10,0	14,4
9,9	13,9

Calcule o volume desse cilindro e o erro (propagação de erros)

Propagação de erros por derivadas parciais

Uma grandeza w , que é calculada como função de outras grandezas x, y, z, \dots , pode ser representada por:

$$w = w(x, y, z, \dots) \quad (18)$$

Onde as grandezas x, y, z, \dots , são experimentais, cujas incertezas padrões são, respectivamente, $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \dots$

Se as incertezas em x, y, z, \dots , são *independentes entre si*, a incerteza padrão em w , σ_w , em *primeira aproximação*, é dada por:

$$\sigma_w^2 = \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z}\right)^2 \sigma_z^2 + \dots \quad (19)$$

Obs.: $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \dots$, assim como σ_w , são positivos por definição.

No caso de uma única variável, a equação (16) se reduz a:

$$\sigma_w^2 = \left(\frac{dw}{dx}\right)^2 \sigma_x^2 \quad (20)$$

A Tabela abaixo mostra algumas funções w e os respectivos erros propagados

$w = w(x, y, z, \dots)$	σ_w^2
$w = a x^m$	$\sigma_w^2 = (a m x^{m-1})^2 \sigma_x^2$
$w = x \pm y \pm z \pm \dots$	$\sigma_w^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 + \dots$
$w = ax + b$	$\sigma_w^2 = (a)^2 \sigma_x^2$
$w = a x y$	$\sigma_w^2 = (a y)^2 \sigma_x^2 + (a x)^2 \sigma_y^2$
$w = a \frac{x}{y}$	$\sigma_w^2 = \left(\frac{a}{y}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{-ax}{y^2}\right)^2 \sigma_y^2$
$w = ax^p x^q$	$\sigma_w^2 = (a p x^{p-1} y^q)^2 \sigma_x^2 + (a q x^p y^{q-1})^2 \sigma_y^2$
$w = a \sin x$	$\sigma_w^2 = (a \cos x)^2 \sigma_x^2$ (σ_x em radianos)
$w = \log_a x$	$\sigma_w^2 = \left(\frac{1}{x \ln a}\right)^2 \sigma_x^2$