



## Lista de Exercícios 2: F 129

2º Semestre de 2012

Prof. R. Urbano.

### Lei de Escala e Gráficos (papel *milimetrado* e *log-log*)

**Questão 1.** Um professor solicitou que seu aluno de F-129 determinasse o valor da aceleração da gravidade  $g$  **experimentalmente**, utilizando somente os instrumentos disponíveis no Laboratório de F-129. Imagine que este aluno é você!

- Idealize um experimento pertinente e **detalhadamente** descreva um *procedimento experimental* para se determinar o valor da aceleração da gravidade  $g$  que seja o mais próximo possível do valor que conhecemos:  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .
- Esboce um esquema experimental para ilustrar seu experimento.
- Descreva **todos** os cuidados que devemos tomar para que este experimento seja bem sucedido. Discuta também as possíveis discrepâncias que possam porventura ocorrer.

**Questão 2.** Foram realizadas algumas medidas da posição  $x[\text{m}]$  de um automóvel que se deslocava ao longo de uma estrada em Movimento Retilíneo em função do tempo  $t[\text{s}]$  decorrido. Assim, obteve-se o conjunto de valores mostrados na Tabela 1 abaixo.

**Tabela 1:** Tempo  $t_i[\text{s}]$  decorrido pelo automóvel para cada posição  $x_i[\text{m}]$  registrada durante o percurso.

$i$	$(t \pm \Delta t_{\text{inst}})[\text{s}]$	$(x \pm \Delta x)[\text{m}]$
1	$5,3 \pm 0,1$	$58,0 \pm 0,5$
2	$7,0 \pm 0,1$	$84,0 \pm 0,5$
3	$8,0 \pm 0,1$	$105,0 \pm 0,5$
4	$10,0 \pm 0,1$	$150,0 \pm 0,5$
5	$11,5 \pm 0,1$	$188,0 \pm 0,5$
6	$13,0 \pm 0,1$	$240,0 \pm 0,5$

$\Delta t_{\text{inst}}$ : erro instrumental do cronômetro = 0,1 s.

$\Delta x$ : erro total da medida da posição = 0,5 m.

- Faça um gráfico do deslocamento do automóvel como função do tempo decorrido, utilizando um papel *milimetrado*. Inclua as barras de erro em seu gráfico. Discuta o comportamento descrito pelo automóvel.
- Proponha um método para se determinar a Equação de Movimento do automóvel. Descreva o método escolhido **detalhadamente**. (Dica: lembre-se de que o comportamento do automóvel pode ser descrito por uma Lei de Escala,  $x = k \cdot t^n$ ).
- Após linearizar a Equação do Movimento, construa um **gráfico linear** do deslocamento do automóvel em função do tempo decorrido, utilizando um papel *milimetrado*. Explícite todos os passos para a construção deste gráfico. Lembre-se de que todo gráfico possui uma tabela correspondente.

- d. Calcule os *coeficientes linear* e *angular* do gráfico linearizado do item (c).
- e. A que grandezas físicas esses *coeficientes* correspondem? Discuta.
- f. Escreva a Equação do Movimento final substituindo os valores obtidos para os coeficientes do item (e). *Não se esqueça das unidades!*

**Questão 3.** No Experimento *Trajétoria de um projétil*, uma aluna de F-129 muito aplicada decidiu realizar a aquisição dos dados ( $x_i$ ,  $y_i$  e  $t_i$ ) para duas alturas  $H$  distintas para o lançamento da esfera de aço na rampa. Assim, ela registrou os dados da Tabela 2 abaixo.

**Tabela 2:** Medidas das posições médias  $x$ [cm] e  $y$ [cm] da esfera de aço no plano  $xôy$  e do respectivo tempo de voo médio  $t$ [s] para os dois conjuntos de dados A (altura  $H_1$ ) e B (altura  $H_2$ ). Os erros envolvidos são os erros totais.

$i$	Conjunto A (altura $H_1 = 69,40 \pm 0,05$ cm)				Conjunto B (altura $H_2 = 88,80 \pm 0,05$ cm)			
	$(x \pm \Delta x)$ [cm]	$(y \pm \Delta y)$ [cm]	$(t \pm \Delta t)$ [ $10^{-4}$ s]	$t^2$ [ $10^{-4}$ s <sup>2</sup> ]	$(x \pm \Delta x)$ [cm]	$(y \pm \Delta y)$ [cm]	$(t \pm \Delta t)$ [ $10^{-4}$ s]	$t^2$ [ $10^{-4}$ s <sup>2</sup> ]
1	18,00 $\pm$ 0,05	2,4 $\pm$ 0,2	832 $\pm$ 3	69,2	31,00 $\pm$ 0,05	5,0 $\pm$ 0,2	1113 $\pm$ 2	123,9
2	23,00 $\pm$ 0,05	4,2 $\pm$ 0,2	1037 $\pm$ 3	107,5	36,00 $\pm$ 0,05	7,8 $\pm$ 0,3	1337 $\pm$ 2	178,8
3	28,00 $\pm$ 0,05	7,2 $\pm$ 0,2	1293 $\pm$ 4	167,2	41,00 $\pm$ 0,05	10,3 $\pm$ 0,3	1501 $\pm$ 3	225,3
4	33,00 $\pm$ 0,05	10,0 $\pm$ 0,2	1493 $\pm$ 4	222,9	46,00 $\pm$ 0,05	12,6 $\pm$ 0,3	1648 $\pm$ 3	271,6
5	40,00 $\pm$ 0,05	15,7 $\pm$ 0,3	1835 $\pm$ 5	336,7	53,00 $\pm$ 0,05	18,9 $\pm$ 0,3	1991 $\pm$ 2	396,4
6	43,00 $\pm$ 0,05	18,4 $\pm$ 0,3	1969 $\pm$ 3	387,7	56,00 $\pm$ 0,05	21,4 $\pm$ 0,3	2109 $\pm$ 9	444,8
7	46,00 $\pm$ 0,05	21,0 $\pm$ 0,2	2093 $\pm$ 3	438,1	59,00 $\pm$ 0,05	23,5 $\pm$ 0,5	2220 $\pm$ 9	492,8
8	49,00 $\pm$ 0,05	24,1 $\pm$ 0,5	2248 $\pm$ 4	505,4	62,00 $\pm$ 0,05	26,6 $\pm$ 0,5	2339 $\pm$ 3	547,1
9	52,00 $\pm$ 0,05	27,7 $\pm$ 0,4	2394 $\pm$ 5	573,1	65,00 $\pm$ 0,05	28,7 $\pm$ 0,5	2436 $\pm$ 6	593,4
10	55,00 $\pm$ 0,05	30,4 $\pm$ 0,3	2540 $\pm$ 5	645,2	68,00 $\pm$ 0,05	31,0 $\pm$ 0,3	2540 $\pm$ 8	645,2

- Faça um gráfico linear de  $x$  vs.  $t$ , de  $y$  vs.  $t$ , de  $y$  vs.  $x$  e de  $y$  vs.  $t^2$  para os dois conjuntos de dados, A e B (total de 4 gráficos contendo dois conjuntos de dados em cada um deles).
  - Qual o efeito de mudar a altura de lançamento da esfera na rampa sobre o movimento *horizontal*?
  - Qual o efeito de mudar a altura de lançamento da esfera na rampa sobre o movimento *vertical*?
  - O que você pode concluir sobre a relação entre os movimentos *vertical* e *horizontal* a partir destes resultados?
  - A partir da análise dos gráficos, determine qual das duas componentes do movimento,  $x$  ou  $y$ , é afetada pela força da gravidade e classifique o tipo de movimento executado pela esfera nas direções  $x$  e  $y$ . Justifique sua resposta.
  - Qual o tipo de trajetória executada pela esfera sugerida pela equação obtida para  $y(x)$ ?
- Com base nos dados extraídos dos gráficos do item anterior, escreva as três equações de movimento da cinemática para  $x$  e  $y$ , ou seja,
  - $x$  em função de  $t$ ;
  - $y$  em função de  $t$ ;
  - $y$  em função de  $x$ .

Perceba que elas são Leis de Escala da forma  $f(z) = k z^n$ , portanto os valores de  $k$  e  $n$  podem ser obtidos a partir dos gráficos do item 1. Para cada um dos casos, obtenha os valores de  $k$  e  $n$  **graficamente**.

3. Note que  $k$  e  $n$  devem ser relacionados com grandezas físicas como *velocidades* e *acelerações*. Então, para cada caso, identifique as grandezas relacionadas com os parâmetros  $k$  e  $n$  e substitua os valores correspondentes nas respectivas equações de movimento.

O resultado obtido coincide com o esperado? Discuta possíveis discrepâncias.

4. Sabendo que o diâmetro da esfera de aço é  $d = (19,00 \pm 0,05)$  mm e que os tempos de obstrução do *photogate* na saída da rampa (modo “One Gate”) para os conjuntos de dados A e B são,  $t_A = (0,0088 \pm 0,0001)$  s e  $t_B = (0,0074 \pm 0,0001)$  s, respectivamente, calcule as velocidades de saída da esfera  $v_{0x}$  para cada conjunto de dados A e B e compare com os valores de  $v_{0x}$  obtidos **graficamente**.

**Questão 4.** Em um experimento realizado com uma lâmpada incandescente, mediu-se a tensão  $V$  em função da corrente  $I$  aplicada ao filamento, e foram obtidos os dados tabelados abaixo.

**Tabela 3:** Medidas registradas dos valores da corrente  $I[\text{mA}]$  e da tensão  $V[\text{V}]$  aplicados ao filamento incandescente da lâmpada.

$i$	$(I \pm \Delta I)[\text{mA}]$	$(V \pm \Delta V)[\text{V}]$
1	$22 \pm 1$	$0,6 \pm 0,5$
2	$60 \pm 2$	$2,5 \pm 0,5$
3	$91 \pm 2$	$4,5 \pm 0,5$
4	$180 \pm 3$	$11,5 \pm 0,5$
5	$330 \pm 5$	$26,0 \pm 0,5$
6	$520 \pm 8$	$49,0 \pm 0,5$

Sabendo que a equação que rege o fenômeno pode ser representada por uma *Lei de Escala* do tipo  $V = C.I^w$ , onde  $C$  e  $w$  são constantes:

- a. Linearize a equação e relacione os termos com uma equação da reta.
- b. Escolha um papel *milimetrado* ou *log-log* para fazer seu gráfico e encontre os valores dos parâmetros  $C$  e  $w$  **graficamente**. Inclua a barra de erros no gráfico. Descreva o procedimento utilizado para determinar os parâmetros.
- c. Finalmente, escreva a equação da *Lei de Escala* substituindo os valores de  $C$  e  $w$ . Qual o significado do parâmetro  $C$ ?