

Física Experimental 1 - FEP113
Prova Final - 28/06/2 007

Aluno: _____ n° USP: _____

*Cada aluno pode consultar livremente o material de que dispõe.
Note que a pontuação máxima desta prova soma 11,5 e que, por outro lado, o tempo é exíguo para completá-la, sugerindo que sejam feitas opções.
A duração da prova é de 3 horas.*

JUSTIFIQUE DETALHADAMENTE TODAS AS SUAS AFIRMAÇÕES

Questão 1 (2,5) – Um aluno pretende determinar de que material é feito um tronco de cone (figura 1.1) através de sua densidade. Para isso, primeiro fez medidas de sua altura, h , e dos diâmetros, D e d , utilizando um paquímetro de menor divisão 0,02mm. Na tabela 1.1 são apresentados os dados obtidos pelo aluno. Complete essa tabela.

Tabela 1.1: Medidas da altura (h) e dos diâmetros (D e d) de um tronco de cone.

| | h (mm) | D (mm) | d (mm) |
|------------------------|----------|----------|----------|
| | 31,20 | 47,58 | 23,72 |
| | 31,30 | 47,62 | 23,70 |
| | 31,16 | 47,54 | 23,70 |
| | 31,22 | 47,58 | 23,68 |
| | 31,28 | 47,60 | 23,74 |
| Média | | | 23,708 |
| Desvio Padrão | | 0,030 | |
| Desvio Padrão da media | | 0,013 | |
| Incerteza final | | | |

Sabendo que o volume de um tronco de cone é dado por:

$$V = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + Rr + r^2)$$

onde R é o raio maior e r é o raio menor, e h a altura, veja a figura 1.1.

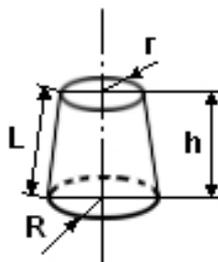


Figura 1.1: Tronco de cone de raio maior R e menor r , e altura h .

- Qual é o valor da incerteza no volume do tronco de cone devido à incerteza na altura?
- Qual é o valor da incerteza no volume do tronco de cone devido à incerteza no raio da base (R)?
- Qual é o valor da incerteza no volume do tronco de cone devido à incerteza no raio r?
- Qual o volume do tronco de cone com a sua respectiva incerteza?

Questão 2 (2,5) – Um grupo de alunos realizou o experimento das cordas vibrantes no qual é estudada a dependência da frequência F das ondas estacionárias em função de diversos parâmetros tais como comprimento L , número de ventres n , tensão T e densidade da corda ρ . Um dos elementos do grupo ficou responsável pela análise da frequência F em função da densidade da corda ρ e recebeu a tabela abaixo, obtida com uma corda de $L=155,70(10)$ e uma tensão de $T=2,0786(10)$ N e $n=2$ ventres (3 nós):

| $\rho(\text{mg/m})$ | $F(\text{Hz})$ |
|---------------------|----------------|
| 85,3 | 100,0(20) |
| 150,0 | 76,0(15) |
| 235,2 | 62,0(15) |
| 313,2 | 52,0(15) |
| 564,0 | 39,0(10) |

- A previsão teórica para esta dependência é uma curva de potência tipo $F = K\rho^a$.
- Por que razão o aluno escolheu um papel di-log para obter os coeficientes K e a ?
 - Faça um gráfico dos dados desta tabela no papel di-log fornecido.
 - A partir do gráfico, obtenha o coeficiente a e sua incerteza.
 - Utilizando o terceiro ponto da tabela e o valor de a encontrado no item anterior, calcule o valor de K e sua incerteza. Ignore a incerteza de a , utilize apenas a de F .
 - O valor de K previsto pela teoria é dado pela equação

$$K = \frac{n}{2L} \sqrt{T}$$

Calcule o valor esperado de K e compare-o com o obtido. São compatíveis?

Questão 3 (2,5) – O IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, avaliou em 2006 o número de pessoas economicamente inativas nas regiões metropolitanas de São Paulo, Recife, Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro e Porto Alegre. A pesquisa se iniciou no mês de abril (tempo=0) e foi repetida a cada mês durante um ano. A tabela 3.1 mostra alguns dados sobre a evolução do número de pessoas economicamente ativas com o tempo.

- Dada a incerteza final no número de pessoas economicamente inativas, $S=0,025$ milhões, e considerando que não temos incerteza no tempo, complete o gráfico da figura 3.1. Após a inclusão dos pontos, considerando a hipótese de que os dados podem ser representados por um modelo linear, faça um ajuste visual, apresentando os

coeficientes angular e linear, e, usando as retas mínima e máxima, calcule as suas respectivas incertezas.

Tabela 3.1: Evolução do número de pessoas economicamente ativas nas seis regiões metropolitanas no período de maio a setembro de 2006 .

| Tempo decorrido desde o início da amostragem (meses) | Número de pessoas economicamente ativas nas seis regiões pesquisadas (em milhões) |
|--|---|
| 01 | 17,161 |
| 02 | 17,078 |
| 03 | 16,929 |
| 04 | 16,839 |
| 05 | 16,762 |

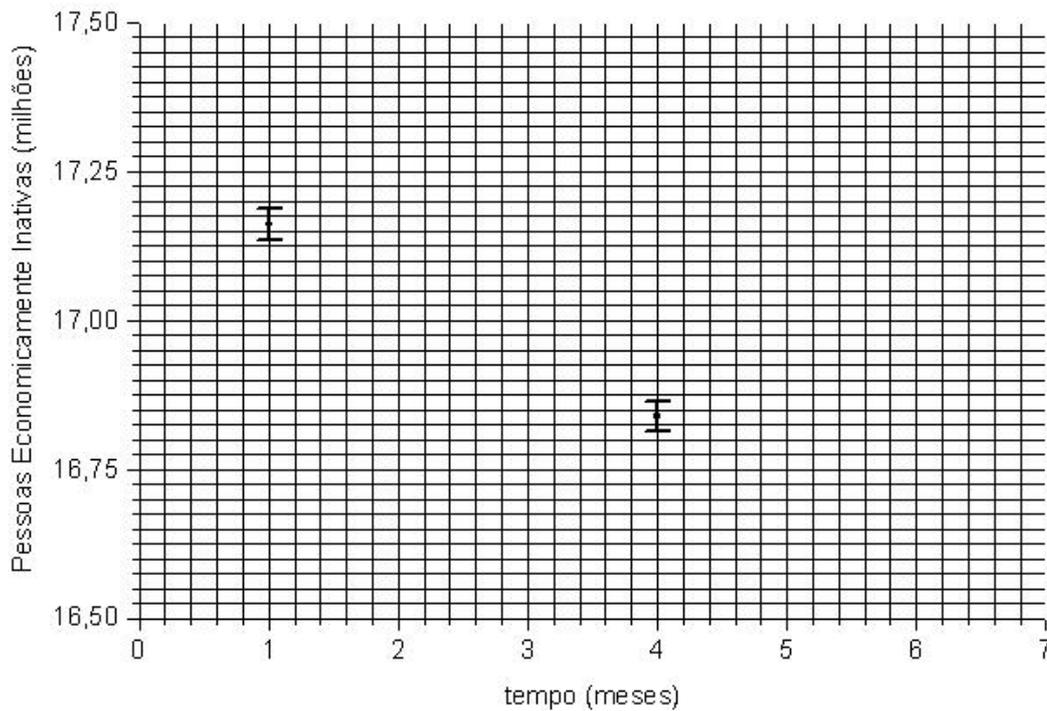


Figura 3.1: Evolução do número de pessoas economicamente ativas nas seis regiões metropolitanas no período de maio a setembro de 2006 em função do tempo.

b) Complete a tabela 3.2 a fim de obter os coeficientes angular e linear através do Método dos Mínimos Quadrados (MMQ).

Tabela 3.2: Planilha de MMQ para ajuste linear dos dados apresentados na tabela 3.1.

| x_i | y_i | s_i | $\frac{1}{s_i^2}$ | $\frac{x_i}{s_i^2}$ | $\frac{x_i^2}{s_i^2}$ | $\frac{y_i}{s_i^2}$ | $\frac{x_i y_i}{s_i^2}$ |
|----------------------------------|--------|-------|--------------------------------------|--|--|--|---|
| 01 | 17,161 | | | | 1600 | 27458 | |
| 02 | 17,078 | | | 3200 | 6400 | | 54650 |
| 03 | 16,929 | | | | | 27086 | |
| 04 | 16,839 | | | 6400 | 25600 | | 107770 |
| 05 | 16,762 | | | | | 26819 | 134096 |
| $\Delta = (S_s S_{x^2} - S_x^2)$ | | | $S_s = \sum_{i=1}^N \frac{1}{s_i^2}$ | $S_x = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{s_i^2}$ | $S_{x^2} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i^2}{s_i^2}$ | $S_y = \sum_{i=1}^N \frac{y_i}{s_i^2}$ | $S_{xy} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i y_i}{s_i^2}$ |
| | | | | | | | |

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|---------------------------------------|
| $a = \frac{1}{\Delta} (S_s S_{xy} - S_x S_y)$ | $s_a = \sqrt{\frac{S_s}{\Delta}}$ | $b = \frac{1}{\Delta} (S_{x^2} S_y - S_x S_{xy})$ | $s_b = \sqrt{\frac{S_{x^2}}{\Delta}}$ |
| | | | |

c) O que pode ser observado com relação às incertezas dos coeficientes obtidas nos itens (a) e (b). Justifique.

d) Faça uma previsão do número de pessoas economicamente inativas, com sua respectiva incerteza, para o sexto mês após o início da amostragem.

Questão 4 (2,5) – A Tabela 4.1 apresenta um conjunto de dados, em ordem crescente, obtidos por um aluno ao medir o período de oscilação de um pêndulo simples. A informação contida nos dados deve ser expressa de forma compacta.

- a) Apresente estes dados graficamente.
- b) Verifique se todos os dados obtidos fazem parte da análise ou se algum apresenta um erro grosseiro. Em havendo algum dado que deva ser excluído da análise aponte qual é este dado e justifique.
- c) Para extrair mais informações do gráfico são necessárias que uma medida representativa do conjunto de dados, bem como uma medida de sua dispersão sejam indicadas nele. Represente **VISUALMENTE** estas quantidades no gráfico.
- d) Utilizando os parâmetros obtidos no item “c”, sobreponha ao gráfico à curva de densidade de probabilidade adequada.

Tabela 4.1 – Medidas obtidas para o período de oscilação um pêndulo simples, em segundos.

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 15,07 | 15,86 | 15,92 | 16,03 | 16,06 | 16,14 |
| 15,09 | 15,87 | 15,96 | 16,03 | 16,07 | 16,16 |
| 15,31 | 15,87 | 15,99 | 16,03 | 16,09 | 16,18 |
| 15,69 | 15,87 | 15,99 | 16,03 | 16,09 | 16,20 |
| 15,74 | 15,87 | 16,00 | 16,03 | 16,09 | 16,22 |
| 15,75 | 15,88 | 16,00 | 16,03 | 16,09 | 16,25 |
| 15,77 | 15,88 | 16,00 | 16,04 | 16,09 | 16,25 |
| 15,78 | 15,89 | 16,02 | 16,06 | 16,10 | 16,28 |
| 15,78 | 15,89 | 16,02 | 16,06 | 16,12 | 16,85 |
| 15,82 | 15,90 | 16,02 | 16,06 | 16,13 | 17,07 |

Questão 5 (1,5) – Nos anos que seguiram à apresentação, em uma reunião da Academia Real, dos resultados para a densidade do hidrogênio e do oxigênio, Lord Rayleigh se dedicou a obtenção da densidade do nitrogênio. Para tal finalidade, ele fez borbulhar ar em amônia e em seguida passar por um tubo aquecido ao rubro (cor vermelha de um metal quando aquecido à temperatura muito alta). Nessa operação o oxigênio contido no ar combinava-se com o hidrogênio da amônia, convertendo todo o oxigênio em moléculas de água, enquanto que o nitrogênio era coletado para a obtenção da densidade. Os valores encontrados para a densidade foram considerados concordantes (equivalente ao que chamamos de compatíveis hoje). Aguçado pelo rigor científico, Rayleigh resolveu confirmar os resultados encontrados pelo método chamado químico com outro método. Este método, chamado de atmosférico, consistia na absorção do ar por cobre aquecido ao rubro. Os resultados obtidos por este método para a densidade do nitrogênio eram maiores do que aqueles obtidos pelo método químico em uma parte em mil. Lord Rayleigh aprimorou a metodologia adotada em ambos os métodos introduzindo diferentes processos e tomando os cuidados necessários para não ter impurezas nas substâncias que utilizava. Os valores obtidos nesse novo conjunto de medidas estão apresentados na tabela 5.1. Esse foi início do trabalho com que Lord Rayleigh descobriu o argônio, pelo qual foi laureado com o Prêmio Nobel de Física no ano de 1904.

Tabela 5.1. Resumo dos valores obtidos para a densidade do nitrogênio com os métodos atmosférico e químico utilizando diferentes processos.

| Método Atmosférico | |
|---|--------------|
| Cobre ao rubro (1892) | 2,3103 |
| Ferro ao rubro (1893) | 2,3100 |
| Hidrato ferroso (1894) | 2,3102 |
| | média 2,3102 |
| Método Químico | |
| Óxido nítrico | 2,3001 |
| Óxido nitroso | 2,2990 |
| Nitrato de amônia purificado a alta temperatura | 2,2987 |
| Uréia | 2,2985 |
| Nitrato de amônia purificado a frio | 2,2987 |
| | média 2,2990 |

a) Qual a diferença em partes por mil entre os valores obtidos pelos dois métodos apresentados na tabela 5.1?

b) Compare o valor obtido em a) com aquele obtido por Lord Rayleigh em suas medidas iniciais (uma parte em mil). Discuta o resultado da comparação.