

Física Experimental 1 - FEP113

Prova Final - 29/06/2 006

Aluno: _____ nº USP: _____

*Cada aluno pode consultar livremente o material de que dispõe.
Note que a pontuação máxima desta prova soma 12,5 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 – Vários estabelecimentos comerciais selecionam moedas de forma automática, classificando-as de acordo com seu diâmetro (ϕ). Medindo-se algumas moedas com dois instrumentos diferentes (um micrômetro cuja menor divisão é 0,01 mm e um paquímetro cuja menor divisão é 0,05 mm) foram colhidos os dados apresentados na Tabela 1.1.

	<i>DIÂMETRO ϕ (mm)</i>					
<i>Valor da moeda (R\$)</i>	<i>0,01</i>	<i>0,05</i>	<i>0,10</i>	<i>0,25</i>	<i>0,50</i>	<i>1,00</i>
<i>medições com instrument o 1</i>	19,900	21,032	22,004	23,562	22,946	23,922
	19,992	21,02	21,984	23,556	22,926	23,928
	19,998	21,034	22,000	23,566	22,924	23,942
	20,012	21,038	22,002	23,550	22,912	23,962
<i>medições com instrument o 2</i>	20,00	21,05			22,95	23,95
	20,00	21,05			22,90	23,95
	20,05	21,05			22,90	23,95
	20,00	21,05			22,95	23,90

Tabela 1.1: Séries de medidas dos diâmetros ϕ de moedas brasileiras em circulação.

- a) (0,5) Identifique na Tabela 1.1 quais medidas foram realizadas com paquímetro e quais foram realizadas com micrômetro, apresentando o critério de identificação.
- b) (1,0) Há compatibilidade entre as informações obtidas com micrômetro e com paquímetro para essas moedas (de 5 e de 50 centavos)?
- c) (0,5) Obtenha o diâmetro das moedas de R\$ 0,05 e de R\$ 0,50.
- d) (0,5) Verifique a compatibilidade dos valores para o diâmetro das moedas de 1 centavo e de 5 centavos obtidos com os diferentes instrumentos.

- e) (0,5) Se você fosse o experimentador, descreva o procedimento experimental que você adotaria para obter o diâmetro característico de uma moeda. (Use um esquema ou desenho).

Foi realizada pelo mesmo experimentador, com o instrumento de maior precisão, uma série adicional, mais extensa, de medidas para a mesma moeda (1) de R\$ 0,50 cunhada em 1994, e os resultados dessas medidas estão apresentados na Tabela 1.2. O valor médio do conjunto de 16 medições desta moeda e seu desvio padrão amostral valem $\phi = 22,926$ mm e $s = 0,011$ mm.

	DIÂMETRO ϕ (mm)				
22,936	22,928	22,906	22,914	22,930	22,942
22,920	22,930	22,926	22,918	22,934	22,932

Tabela 1.2 : Medidas adicionais do diâmetro ϕ da moeda 1 de R\$0,50 também representada na Tabela 1.1.

- f) (0,5) Escolha com critério justificado, uma das três gaussianas mostradas na Figura 1 como representação limite do conjunto de medições (16 no total) do diâmetro dessa moeda.

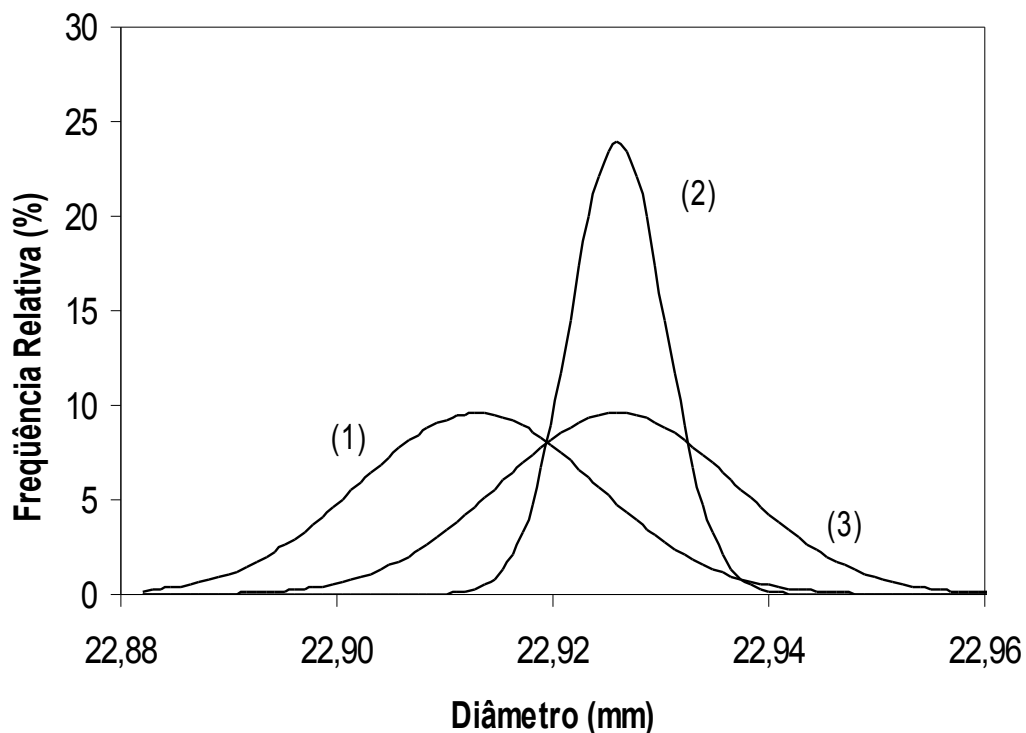


Figura 1.1: Funções gaussianas representando três séries de medições de diâmetro de moedas de R\$ 0,50.

Questão 2 – Duas moedas (2 e 3), também cunhadas em 1994, e uma ficha telefônica¹ comum tiveram seus diâmetros determinados em séries de 16 medições, com o mesmo instrumento utilizado para as medidas mostradas na Tabela 1.2. A Tabela 2.1 apresenta os valores médios para os diâmetros (ϕ) e os desvios padrão das amostras (s) obtidos.

<i>Objeto</i>	ϕ (mm)	s (mm)
<i>Moeda 1</i>	22,926	0,011
<i>Moeda 2</i>	23,030	0,008
<i>Moeda 3</i>	22,984	0,012
<i>Ficha telefônica</i>	22,949	0,020

Tabela 2.1; Valores médios para o diâmetro da moeda 1 e de duas outras moedas de R\$ 0,50 e de uma ficha telefônica comum e respectivos desvios padrão amostrais.

- (0,5) Baseando-se nos valores médios e desvios apresentados na Tabela 2.1, discorra sobre a regularidade do processo de fabricação destas moedas de R\$ 0,50.
- (1,0) É possível enganar a máquina selecionadora de moedas utilizando uma ficha telefônica? Apresente claramente os critérios utilizados na resposta.

Um outro modo de selecionar moedas seria por sua massa. As moedas são cunhadas em aço com densidade $d_m = (7,83 \pm 0,11) \text{ g/cm}^3$ e as fichas telefônicas de uma liga especial com $d_f = (6,12 \pm 0,15) \text{ g/cm}^3$. O volume representativo de moedas de R\$ 0,50 foi obtido $\bar{V}_m = (0,506 \pm 0,013) \text{ cm}^3$. O volume representativo de fichas telefônicas também foi obtido $\bar{V}_f = (0,71 \pm 0,05) \text{ cm}^3$.

- (1,5) É possível distinguir moedas de R\$ 0,50 de fichas telefônicas por meio de suas massas? Dê critérios baseados em incertezas propagadas para as massas.

¹ Antigamente os telefones públicos usavam fichas metálicas redondas com sulcos para cobrar as ligações. Elas foram o equivalente dos cartões telefônicos de hoje.

Questão 3 – O modelo que relaciona a Energia E_n de ionização do átomo de hidrogênio e a sua camada n correspondente é expressado por $E_n = \alpha n^\beta$. Na Tabela 3.1 são apresentados os resultados de medidas das energias de ionização (E_n) para alguns dos primeiros níveis excitados de um átomo de hidrogênio, quando o elétron se encontra na camada n .

n	E_n (eV)
1	$13,60 \pm 0,12$
2	$3,40 \pm 0,12$
4	$0,85 \pm 0,09$
5	$0,54 \pm 0,04$
7	$0,283 \pm 0,025$
8	$0,215 \pm 0,022$

Tabela 3.1: Energias de ionização de um átomo e as suas incertezas, em função da camada n .

A unidade de energia elétron-Volt (eV) se relaciona com o Joule por $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

- (0,5) Linearize a expressão do modelo proposto.
- (1,5) Faça o gráfico dos dados apresentados na Tabela 3.1 em papel adequado.
- (2,0) Determine graficamente os coeficientes α e β que caracterizam o modelo.
- (0,5) Qual é a energia de ionização para a camada $n = 6$? Neste cálculo não considere a incerteza em b .

Questão 4 - (1,5) A partir do modelo do pêndulo simples que relaciona o período ao quadrado com o comprimento, $T^2 = aL$, foi construído o gráfico apresentado na Figura 4.1 utilizando os valores obtidos pelos alunos de uma turma da disciplina de Física Experimental 1. Usando a Figura 4.1 obtenha graficamente o coeficiente a dessa expressão. Complete os valores faltantes do cálculo de MMQ na Tabela 4.1 e obtenha o coeficiente a . Verifique a compatibilidade entre os valores obtidos para a . A incerteza s_i é a composição em quadratura da incerteza em y_i e a incerteza em x_i rebatida para o eixo de y_i .

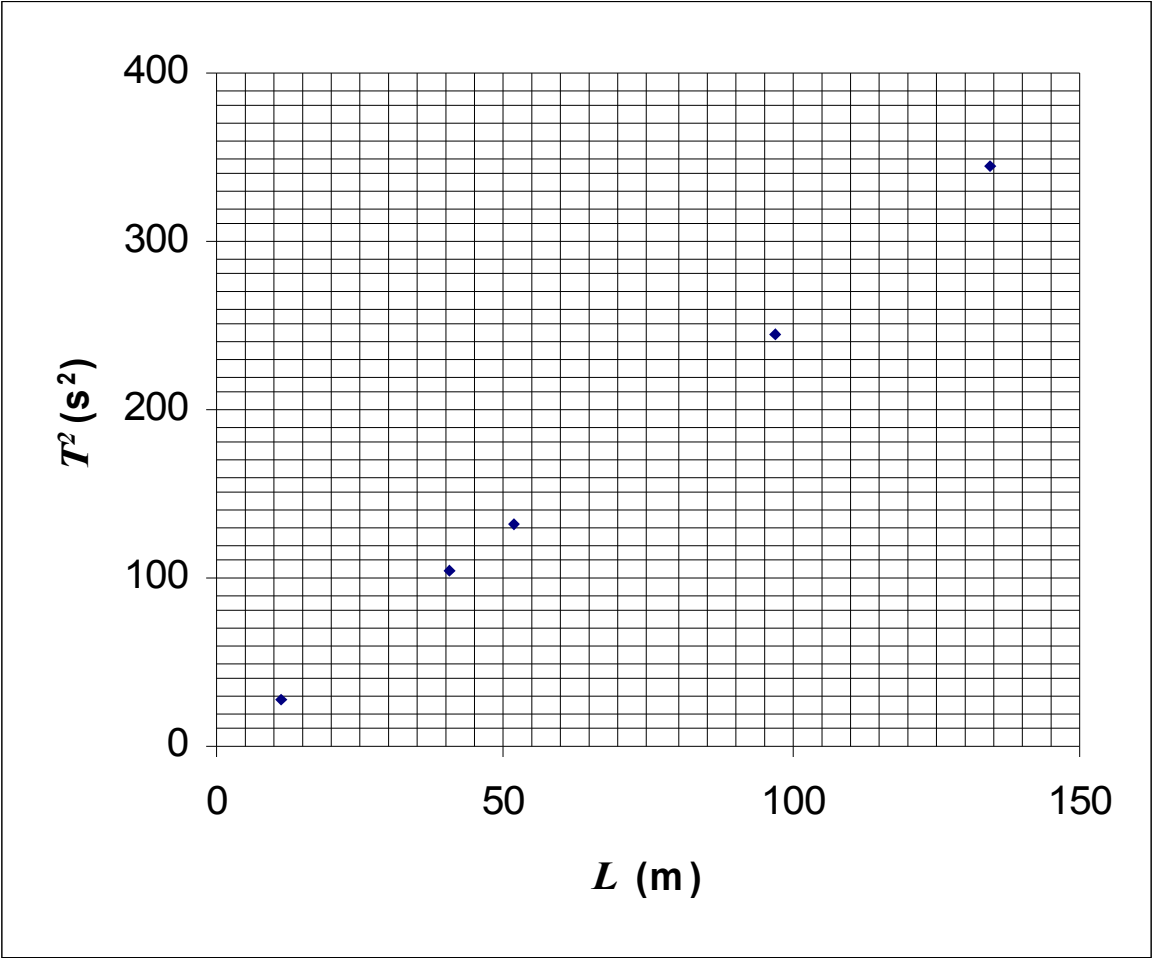


Figura 4.1: Período ao quadrado em função do comprimento de um pêndulo simples.
 Dados obtidos de uma turma de Física Experimental 1.

x_i	y_i	s_i	$1/s_i^2$	x_i/s_i^2	x_i^2/s_i^2	y_i/s_i^2	$x_i y_i/s_i^2$
2,00	0,63	0,06	277,777778	555,555556	1111,11111	175,000000	33,333333
3,00	0,87	0,04	625,000000	1875,00000	5625,00000	543,750000	75,000000
4,00							
5,00	1,38	0,04	625,000000	3125,00000	15625,0000	862,500000	125,000000

	5,60	1,56	0,05	400,000000	2240,00000	12544,0000	624,000000	112,000000
$\Sigma_{i=1}^N$	19,60							

Tabela 4.1: Cálculo do método de mínimos quadrados (MMQ) com o modelo $T^2 = aL$, onde T é período e L o comprimento de um pêndulo simples. A Figura 4.1 apresenta o gráfico com estes dados.

A incerteza s_i é a composição em quadratura da incerteza em y_i e a incerteza em x_i rebatida para o eixo de y_i .