

Olimpíadas de Física 2005

Resolução da Prova experimental A

Sociedade Portuguesa de Física

20/Maio/2005

Oscilações de uma régua encastrada

1 Resolução

- Os valores do período da régua em função da seu comprimento livre estão coligidos na tab. 1. Foram efectuadas 4 medições para cada comprimento e calculada a média. A incerteza associada à determinação do período é estimada, a partir da dispersão dos valores, em 0.003 s.

O gráfico de $T(l)$, representado na Fig. 1 sugere uma dependência quadrática.

$l(\text{cm})$	$T_1(\text{s})$	$T_2(\text{s})$	$T_3(\text{s})$	$T_4(\text{s})$	$\bar{T}(\text{s})$
23,3	0,0643	0,0642	0,0642	0,0643	0,0643
25,3	0,0755	0,0754	0,0755	0,0755	0,0755
27,3	0,0855	0,0859	0,0859	0,0859	0,0858
29,3	0,0981	0,0981	0,0982	0,0972	0,0981
31,3	0,1138	0,1138	0,1139	0,1139	0,1139
33,3	0,1280	0,1277	0,1279	0,1278	0,1279
35,3	0,1432	0,1433	0,1433	0,1433	0,1433
37,3	0,1602	0,1603	0,1601	0,1604	0,1603
39,3	0,1806	0,1805	0,1805	0,1805	0,1805
41,3	0,1981	0,1984	0,1980	0,1985	0,1983
43,3	0,2199	0,2196	0,2196	0,2201	0,2198
45,3	0,2415	0,2416	0,2413	0,2407	0,2413

Tabela 1:

- O período de oscilação da régua sem um corpo na sua extremidade é

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\alpha M}{k}} \quad (1)$$

A massa M da parte livre da régua varia linearmente com o seu comprimento: $M = \gamma l$, onde $\gamma = \rho S$, ρ é a massa específica do plástico e S a secção recta da régua. Por outro lado, do enunciado temos $k = \beta/l^n$. Podemos concluir que

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\alpha\gamma l}{\beta l^{-n}}} \quad (2)$$

ou seja,

$$T^2 = Cl^{n+1}, \quad C = 4\pi^2 \frac{\alpha\gamma}{\beta}. \quad (3)$$

Aplicando logaritmos a ambos os membros desta expressão,

$$\ln(T^2) = \ln C + (n+1) \ln l. \quad (4)$$

O gráfico $\ln T^2$ em função de $\ln(l)$ é o seguinte:

O declive da recta é $n+1 = 3,994(3)$ de onde se conclui que o expoente da constante elástica da régua é $n = 3$. O quadrado do período T é proporcional a l^4 , ou seja, T depende quadraticamente de l , tal como sugerido pelo gráfico da Fig. 1.

3. Os resultados da medição do período da régua em função da massa $d(m)$ dos discos colocados na sua extremidade estão representados na tab. 3.

$m(\text{g})$	$T_1(\text{s})$	$T_2(\text{s})$	$T_3(\text{s})$	$T_4(\text{s})$	$\bar{T}(\text{s})$
0	0,2415	0,2416	0,2413	0,2407	0,2413
13,1	0,3235	0,3248	0,3253	0,3246	0,3245
26,2	0,3884	0,3880	0,3885	0,3887	0,3884
39,3	0,4414	0,4418	0,4416	0,4421	0,4417
52,4	0,4891	0,4892	0,4895	0,4896	0,4893
65,5	0,5305	0,5301	0,5300	0,5308	0,5304

Tabela 2:

Da expressão $T = 2\pi\sqrt{\frac{\alpha M}{k}}$ conclui-se que

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{\alpha M + m}{k}. \quad (5)$$

O gráfico de T^2 em função de m é uma recta $y = ax + b$, de declive $a = \frac{4\pi^2}{k}$ e ordenada na origem $b = \frac{4\pi^2 \alpha M}{k}$. A partir da equação da recta podemos determinar $\alpha = \frac{1}{M} \frac{b}{a}$.

Da regressão linear obtemos $a = 0,00340(3)$ e $b = 0,060(1)$. A massa M da régua é $\frac{45,3}{50,3} \times 64,0 = 57,6$ g. A constante α tem o valor experimental,

$$\alpha = \frac{1}{M} \frac{b}{a} = 0,308. \quad (6)$$

A incerteza relativa no valor de α é

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta M}{M}\right)^2} = 0,02 \quad (7)$$

e a incerteza absoluta em α é 0,006.

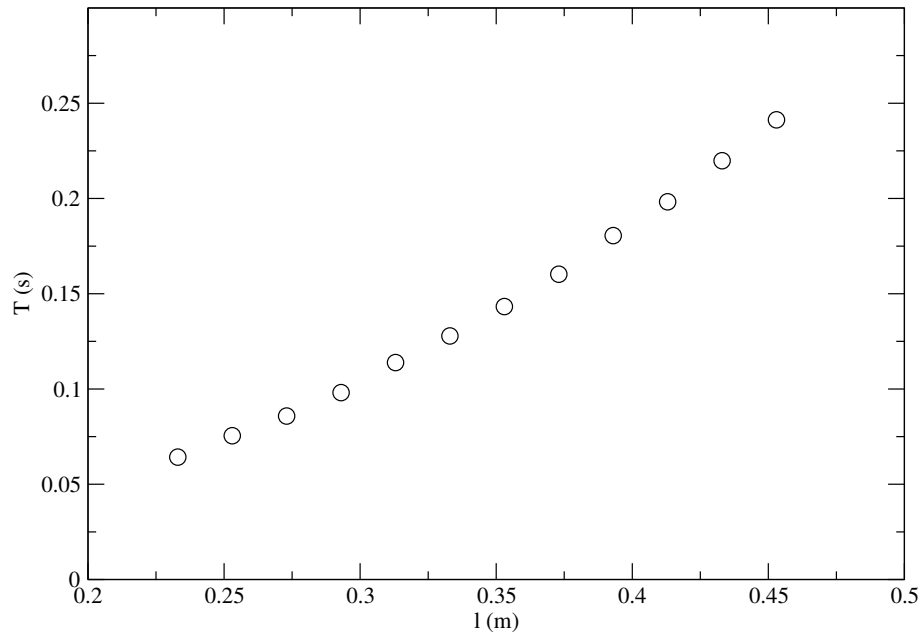


Figura 1:

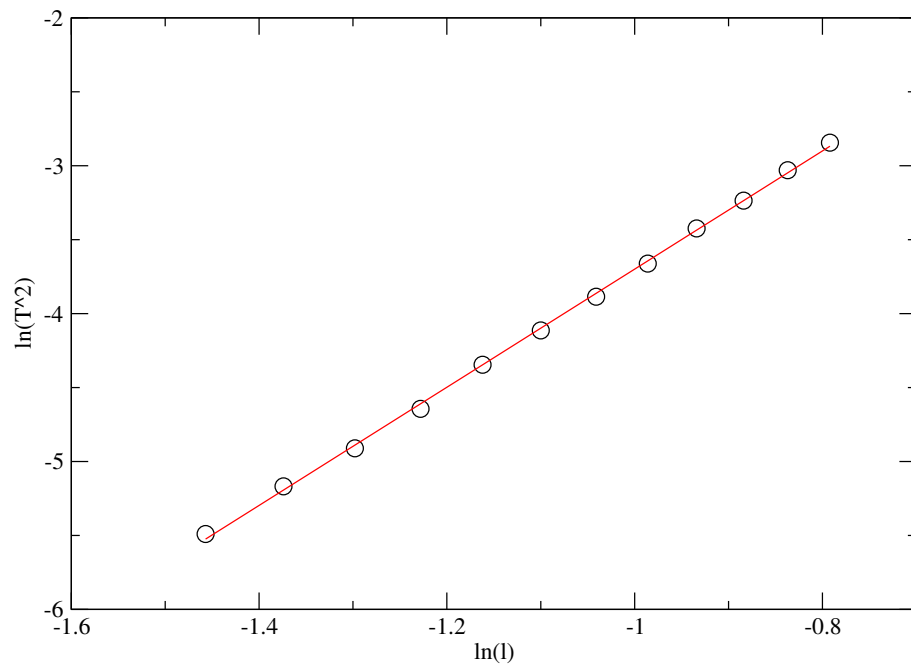


Figura 2:

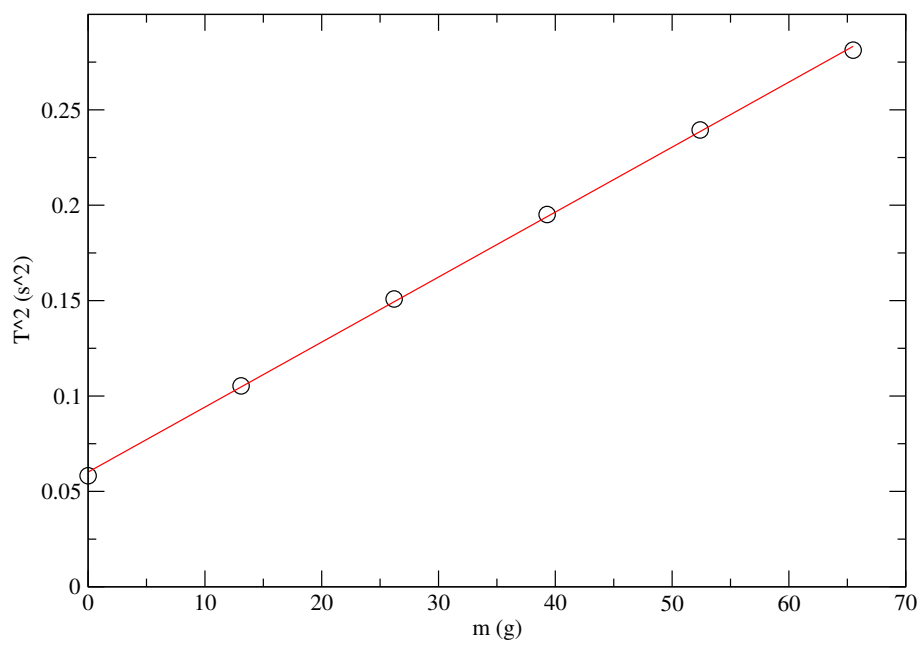


Figura 3:

Olimpíadas de Física 2005

Resolução da Prova experimental B

Sociedade Portuguesa de Física

20/Maio/2005

Detector de Cerenkov

1 Resolução

1. Vamos usar a lei de Snell-Descartes para a refração

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

Fazendo incidir um feixe de luz sobre o bloco na sua face plana, tendo o cuidado de o apontar para o eixo do cilindro, o raio será refractado à superfície do bloco e sairá do bloco sem refração, uma vez que o ângulo de saída é de 90° .

Uma outra possibilidade é fazer incidir o feixe sobre a face curva e medir o ângulo de saída pela face plana.

Da lei de Snell-Descartes, o gráfico de $\sin \theta_1$ em função de $\sin \theta_2$ é uma recta de declive n no primeiro caso e $1/n$ no segundo.

Na tab. 1 estão os dados medidos na primeira montagem e na tab. 1 os dados para a segunda montagem.

$\theta(i) (^\circ)$	$\theta(f) (^\circ)$	$\sin \theta_i$	$\sin \theta_f$
0.0	0.0	0.0000	0.0000
5.0	4.0	0.0872	0.0698
10.0	6.5	0.1736	0.1132
15.0	10.0	0.2588	0.1736
20.0	13.0	0.3420	0.2250
25.0	16.0	0.4226	0.2756
30.0	19.5	0.5000	0.3338
35.0	22.5	0.5736	0.3827
40.0	25.0	0.6428	0.4226
45.0	28.0	0.7071	0.4695
50.0	31.0	0.7660	0.5150
55.0	33.0	0.8192	0.5446
60.0	36.0	0.8660	0.5878
65.0	38.0	0.9063	0.6157
70.0	39.0	0.9397	0.6293
75.0	40.0	0.9659	0.6428
80.0	41.0	0.9848	0.6561
85.0	42.5	0.9962	0.6756

Tabela 1:

Na fig. 1 representam-se graficamente os dados da montagem 1. O declive da recta, obtido por mínimos quadrados é $n = 1,49(1)$, o que está dentro do intervalo de incerteza pretendido. Outros métodos podiam ser utilizados para determinar n : ângulo crítico, desvio lateral do feixe de luz ao atravessar a peça colocada através de duas faces paralelas, etc. A concordância dos valores obtidos por dois métodos distintos permite despistar a existência de erros sistemáticos.

2. A radiação de Cerenkov produz-se quando a velocidade das partículas for superior à velocidade da luz no vidro. Esta velocidade é $v = \frac{c}{n}$. A energia mínima das partículas para se produzir a radiação é

$$E = \gamma mc^2, \quad (2)$$

onde

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{1}{n}\right)^2}} \quad (3)$$

Substituindo $n = 1,49$ e $m = 105,56$ MeV, obtemos $E = 142$ MeV.

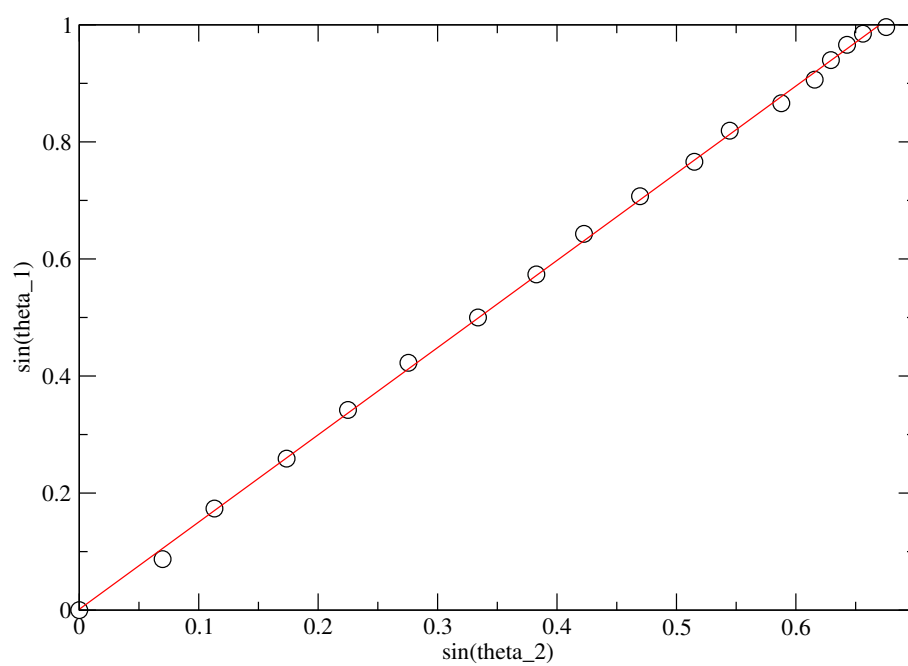


Figura 1: