# **Resultados**

## **Cálculo da constante elástica da mola**

Os valores medidos e suas incertezas para a massa e diâmetro da esfera e a massa da mola estão na seguinte tabela:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Massa da Esfera (Kg) | Massa da Mola (Kg) | Diâmetro da Esfera (m) |
| Valor | 0,017 | 0,376 | 0,044 |
| Incerteza | 1,00E-5 | 1,00E-5 | 5,00E-4 |

Tabela -Valores e incertezas da massa e diâmetro da esfera e massa da mola.

A incerteza das massas usada era o último dígito apresentado pela balança digital.

A incerteza do diâmetro foi considerada como sendo a menor divisão da escala da craveira.

A força que nos foi apresentada pelo programa era a que nós estávamos a impor na mola.

A força de elasticidade tem o mesmo módulo e direção daquela que nós estávamos a impor, mas tem sentido oposto, logo a força da mola é simétrica da força que nos foi apresentada. Na tabela seguinte estão os valores de posição e as respetivas forças:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Posição | Valores de Posição, (m) | Incerteza dos valores de posição, (m) | Força de Elasticidade, (N) | Incerteza da força, (N) |
| 1 | 0,30 | 0,001 | -0,467 | 0,005 |
| 2 | 0,33 | -0,715 |
| 3 | 0,36 | -1,070 |
| 4 | 0,40 | -1,427 |
| 5 | 0,43 | -1,760 |
| 6 | 0,45 | -1,955 |
| 7 | 0,48 | -2,239 |
| 8 | 0,51 | -2,588 |
| 9 | 0,56 | -3,109 |
| 10 | 0,60 | -3,533 |

Tabela - Valores da força e incerteza.

A incerteza dos valores da posição é a menor divisão da escala da fita usada.

Os valores de força nunca se mantinham constantes para cada posição, portanto os valores que apresentamos são uma aproximação tendo em conta os valores que pudemos observar. Deste modo, definimos a incerteza com base no intervalo dessas oscilações.

Partindo da lei de hooke, expressão (1) obtemos a seguinte equação:

Com as funções do excel é possível obter uma reta com uma equação linear ajustada a partir dos pontos de força em função da posição. O declive dessa reta seria:

Logo *k* será igual:

O gráfico seguinte apresenta a reta de uma equação linear ajustada aos pontos obtidos de força em função da posição fornecida pelo Excel:

Gráfico - Força em função da posição.

Do declive da equação e a incerteza é:

|  |  |
| --- | --- |
| Declive | Incerteza, |
| -10,27 | 0,09 |

Tabela -

Seguindo a expressão anterior então o valor de *k:*

Falta por como se calcula a incerteza no apêndice.

Usando a expressão (7), obtemos o valor do período, :

E fazendo o seu inverso, obtemos a frequência, *f*:

Falta por como se calcula a incerteza no apêndice.

## **Movimento harmónico na presença de uma força de atrito**

### Movimento Harmónico com Atrito de Escorregamento

Nós fizemos 5 valores de *dx* começando no 0, mas infelizmente perdemos os dados do *dx* em 0, não sendo possível a recuperação. A forma como pusemos em movimento foi sempre puxar a mola ligeiramente para baixo para não bater nem no chão nem sair do bolco de madeira:

|  |  |
| --- | --- |
| Ensaio | *dx* |
| 1 | 0,018 |
| 2 | 0,037 |
| 3 | 0,057 |
| 4 | 0,076 |

Tabela -

Como as tabelas de valores são enormes decidimos colocar no apêndice para que os resultados sejam mais legíveis.

#### dx=0,018

O seguinte gráfico estabelece uma relação ajustada da força, *F*, em função do tempo, *t*:

Gráfico

Partindo da equação (1) iremos tentar obter o valor de x, para tal iremos usar a seguinte a equação:

Aqui não nos temos de nos preocupar com o sentido de *F* porque o programa de recolha atribuiu um sinal automaticamente.

O gráfico seguinte representa a posição, *x*, em função de *t*:

Gráfico -

O Período, T, foi recolhido observando o gráfico 3. Escolhemos o valor mais próximo de (falta dizer de que a que) e recolhemos o seu valor. Outro valor fizemos média de t entre os valores mais próximos.

A tabela seguinte dá os valores de período e assim:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Período, T  (s) | Incerteza do Período,  (s) | Média  Do Período,  (s) | Incerteza da Média,  (s) | Frequência, *f*  (Hz) | Incerteza da Frequência,  (Hz) | Media da Frequência,  (Hz) | Incerteza da Média,  (Hz) |
| 1,18 | 0,01 | 1,18 | 0,01 | 0,85 | 0,01 | 0,85 | 0,005 |
| 1,18 | 0,85 |
| 1,20 | 0,83 |
| 1,18 | 0,85 |
| 1,18 | 0,85 |

A partir dos picos do gráfico conseguimos obter a amplitude. Pela equação (8) obtemos a energia.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Amplitude Máxima ou Mínimas, *A e ,*  (m) | Incerteza da Amplitude,  (m) | Tempo, *t*  (s) | Energia, *E*  (J) | Incerteza da Energia,  (J) |
| 0,135 | 0,001 | 0,98 | 0,0935 | 0,0012 |
| -0,139 | 1,56 | 0,0992 | 0,0012 |
| 0,126 | 2,18 | 0,0815 | 0,0010 |
| -0,132 | 2,74 | 0,0894 | 0,0011 |
| 0,120 | 3,34 | 0,0739 | 0,0009 |
| -0,125 | 3,90 | 0,0802 | 0,0010 |
| 0,114 | 4,54 | 0,0667 | 0,0008 |
| -0,118 | 5,12 | 0,0715 | 0,0009 |
| 0,106 | 5,72 | 0,0577 | 0,0007 |
| -0,111 | 6,28 | 0,0632 | 0,0008 |
| 0,098 | 6,90 | 0,0493 | 0,0006 |
| -0,104 | 7,46 | 0,0555 | 0,0007 |
| 0,135 | 0,98 | 0,0435 | 0,0005 |
| 0,092 | 8,04 | 0,0490 | 0,0006 |
| -0,098 | 8,66 | 0,0369 | 0,0003 |
| 0,085 | 9,25 | 0,0413 | 0,0005 |
| -0,090 | 9,84 | 0,0935 | 0,0012 |

Tabela -

De seguida temos o gráfico da Energia em função do tempo.

Gráfico

Gráfico Amplitudes Positivas-Tempo:

Gráfico

Retiramos o de declive do gráfico:

|  |  |
| --- | --- |
| Declive | Incerteza |
| -0,006 | 0,001 |

Tabela

Para podermos usar a expressão (15) para calcular a , precisamos de calcular :

Então:

#### dx=0,037

Como o que fizemos a mesma coisa para este vou só expor as informações:

Gráfico

Gráfico

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Período, T  (s) | Incerteza do Período,  (s) | Média  Do Período,  (s) | Incerteza da Média,  (s) | Frequência, *f*  (Hz) | Incerteza da Frequência,  (Hz) | Media da Frequência,  (Hz) | Incerteza da Média,  (Hz) |
| 1,24 | 0,01 | 1,20 | 0,01 | 0,81 | 0,01 | 0,83 | 0,01 |
| 1,18 | 0,85 |
| 1,20 | 0,83 |
| 1,19 | 0,84 |
| 1,19 | 0,84 |
| 1,20 | 0,83 |
| 1,20 | 0,83 |
| 1,20 | 0,83 |

Tabela

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Amplitude Máxima ou Mínimas, *A e ,*  (m) | Incerteza da Amplitude,  (m) | Tempo, *t*  (s) | Energia, *E*  (J) | Incerteza da Energia,  (J) |
| -0,122 | 0,001 | 0,92 | 0,076 | 0,001 |
| 0,122 | 1,52 | 0,076 |
| -0,107 | 2,12 | 0,059 |
| 0,107 | 2,7 | 0,059 |
| -0,093 | 3,32 | 0,044 |
| 0,094 | 3,9 | 0,045 |
| -0,082 | 4,5 | 0,035 |
| 0,081 | 5,06 | 0,034 |
| -0,068 | 5,68 | 0,024 |
| 0,056 | 7,42 | 0,016 |
| -0,045 | 8,06 | 0,010 |
| 0,043 | 8,66 | 0,009 |
| -0,034 | 9,26 | 0,006 |
| 0,034 | 9,78 | 0,006 |

Tabela

Gráfico

Gráfico

|  |  |
| --- | --- |
| Declive, *a* | Incerteza do Declive, |
| -0,0103 | 0,0005 |

Tabela

#### dx=0,057

Gráfico

Gráfico

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Período, T  (s) | Incerteza do Período,  (s) | Média  do Período,  (s) | Incerteza da Média,  (s) | Frequência, *f*  (Hz) | Incerteza da Frequência,  (Hz) | Media da Frequência,  (Hz) | Incerteza da Média,  (Hz) |
| 1,18 | 0,01 | 1,18 | 0,01 | 0,85 | 0,01 | 0,85 | 0,01 |
| 1,18 | 0,85 |
| 1,18 | 0,85 |
| 1,18 | 0,85 |
| 1,18 | 0,85 |
| 1,18 | 0,85 |
| 1,20 | 0,83 |

Tabela

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Amplitude Máxima e Mínimas, e  (m) | Incerteza da Amplitude | Tempo, *t*  (s) | Energia, *E*  (J) | Incerteza da Energia |
| -0,124 | 0,001 | 0,90 | 0,0789 | 0,0011 |
| 0,101 | 1,48 | 0,0524 | 0,0007 |
| -0,108 | 2,08 | 0,0599 | 0,0008 |
| 0,081 | 2,66 | 0,0337 | 0,0005 |
| -0,088 | 3,28 | 0,0397 | 0,0006 |
| 0,061 | 3,88 | 0,0191 | 0,0003 |
| -0,072 | 4,46 | 0,0266 | 0,0004 |
| 0,043 | 5,12 | 0,0095 | 0,0002 |
| -0,052 | 5,72 | 0,0139 | 0,0002 |
| 0,026 | 6,32 | 0,0035 | 0,0001 |
| -0,041 | 6,86 | 0,0086 | 0,0002 |
| 0,016 | 7,42 | 0,0013 | 0,0001 |
| -0,028 | 8,02 | 0,0040 | 0,0001 |
| 0,001 | 8,70 | 0,0001 | 0,0001 |
| -0,017 | 9,26 | 0,0015 | 0,0001 |

Tabela

Gráfico -

Gráfico -

|  |  |
| --- | --- |
| Declive | Incerteza do Declive |
| -0,0138 | 0,0005 |

Tabela

Ultimo dx

Gráfico -

Gráfico

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Período, T  (s) | Incerteza do Período,  (s) | Média  do Período,  (s) | Incerteza da Média,  (s) | Frequência, *f*  (Hz) | Incerteza da Frequência,  (Hz) | Media da Frequência,  (Hz) | Incerteza da Média,  (Hz) |
| 1,18 | 0,01 | 1,19 | 0,009 | 0,847 | 0,01 | 0,844 | 0,005 |
| 1,18 | 0,847 |
| 1,2 | 0,833 |
| 1,18 | 0,847 |

Tabela

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Amplitude Máxima e Mínimas, e  (m) | Incerteza da Amplitude | Tempo, *t*  (s) | Energia, *E*  (J) | Incerteza da Energia |
| -0,116 | 0,001 | 1,10 | 0,0690 | 0,0005 |
| 0,0915 | 1,70 | 0,0430 | 0,0004 |
| -0,093 | 2,28 | 0,0444 | 0,0004 |
| 0,0639 | 2,92 | 0,0210 | 0,0003 |
| -0,069 | 3,50 | 0,0245 | 0,0003 |
| 0,0442 | 4,08 | 0,0100 | 0,0002 |
| -0,047 | 4,66 | 0,0113 | 0,0002 |
| 0,0203 | 5,32 | 0,0021 | 0,0001 |
| -0,025 | 5,82 | 0,0032 | 0,0001 |

Tabela

Gráfico

Gráfico

|  |  |
| --- | --- |
| Declive | Incerteza |
| -0,01942 | 0,000771 |