

Estado de um Movimento Harmônico Simples
- Determinação da Constante elástica de uma mola.

T64 - 2ª série

Objetivos

- Descrever a dinâmica num sistema massa-mola em que a mola é homogênea.
- Calcular a constante elástica de uma mola pelo método estático e pelo método dinâmico.
- Avaliar a condição, para o sistema massa-mola, estática, a que se refere é válida.
- Determinar o período de um movimento harmônico simples, verificando a dependência em relação a alguns parâmetros.

Proposta (Metodo estático)

1. Retirar a mola do suporte;
2. Medir a massa da mola e, sucessivamente, a massa do prato (em g);
3. Medir as constantes mola e (cm) e ordená-las por ordem crescente;
4. Colocar a mola no suporte e o prato na sua extremidade;
5. Ligar a massa (cm) ao prato, ler a posição extrema do prato (l_0);
6. Colocar a massa mais pequena (cm) e ler a posição relativa à posição extrema do prato. Anotar a massa m_i e repetir o processo;
7. Distribuir uniformemente as massas m_i pela base de

oito, com o auxílio de um esquadro.

8. Registrar os dados obtidos no ponto 6.
9. Retirar os marmos m_1 por ordem inversa à que foram colocados em 6, ou seja, respectivo à registar na tabela.
10. Traçar o gráfico de m_1 versus T .
 - determinar n e Δn (incerteza de n) em unidades SI.
 - determinar a ordenada na origem da dependência linear, acordando o seu significado físico.
 - Concluir se f é do tipo elástico

➡ Proposta (Método dinâmico).

1. Colocar a massa mais pequena (m_1) no prato e dar a posição 0.
2. Distender a mola 2 cm e largar sem velocidade inicial.
3. Medir o tempo de 20 oscilações completas ($20T$) em s.

⚠ Importante:

- a oscilação deve ocorrer sobre o eixo da mola e sem efeitos de fregate.

4. Colocar m_2 e repetir o ponto 1.

⚠ Importante:

- Não se retira a massa anterior.

5. Registrar os dados na tabela.

6. Traçar o gráfico T^2 (em s) versus m_1 .

- determinar n e Δn (incerteza de n) em SI
- obter a ordenada na origem da dependência

- usar a inclinação do gráfico físico,
- verificar se a eq. III da seção 2.4.2 é válida,
- comparar os valores de k determinados para cada método.

Engenharia:

material necessário:

- Haste + base de suporte de altura graduada ($\pm 0,05 \text{ cm}$) (1)
- cronômetro ($\pm 0,01 \text{ s}$) (2)
- balanças ($\pm 0,01 \text{ g}$) (3)
- pesos (4)
- esquadro ($\pm 0,05 \text{ cm}$)



(5) - Imagem referente à montagem experimental



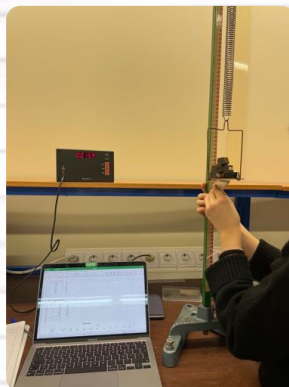
(3) - Balança digital



(4)



(2)



(6) - Imagem referente à montagem experimental



(1)

→ Equação

$$m_g = \sum m_i$$

$$x^2 = 4x^2 + 3$$

$$m_{\text{prato}} + \frac{m_{\text{pesado}}}{3} = \sum m_i$$

$$m_g = \sum m_i$$

→ soma das massas

→ análise de dados

→ usando o método estatístico

$m_{\text{mola}} (\pm 0,00001) \text{ kg}$	$m_{\text{prato}} (\pm 0,00001) \text{ kg}$
0,14139	0,09328

Tabela 1

Tabela massas - pesadas individualmente											
$m_{\text{mola}} (\pm 0,00001) \text{ kg}$	$m_{\text{prato}} (\pm 0,00001) \text{ kg}$	$m_{\text{pesos}} (\pm 0,00001) \text{ kg}$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,14139	0,09328	0,04802	0,04832	0,04881	0,04958	0,05007	0,0503	0,05048	0,0505	0,05147	0,05324

Tabela 2

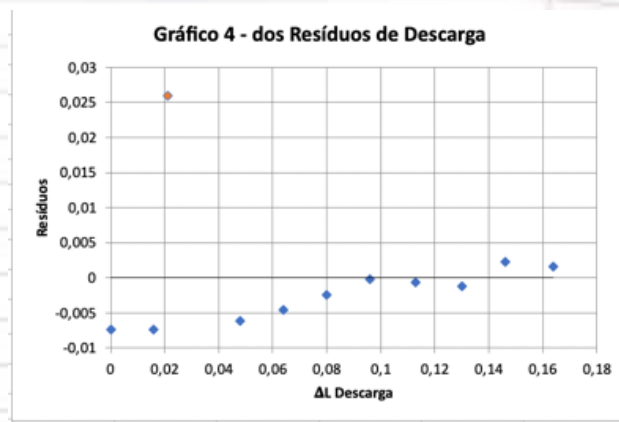
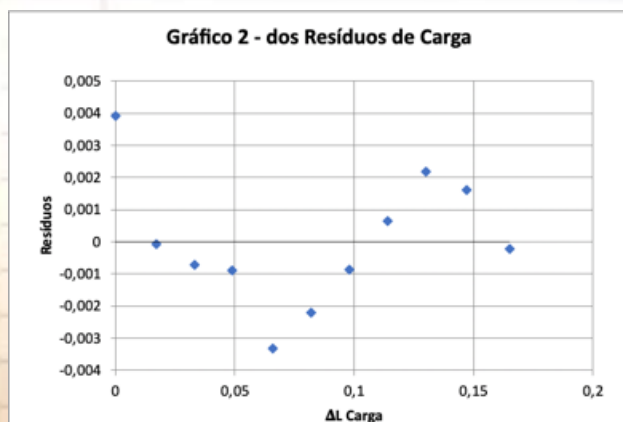
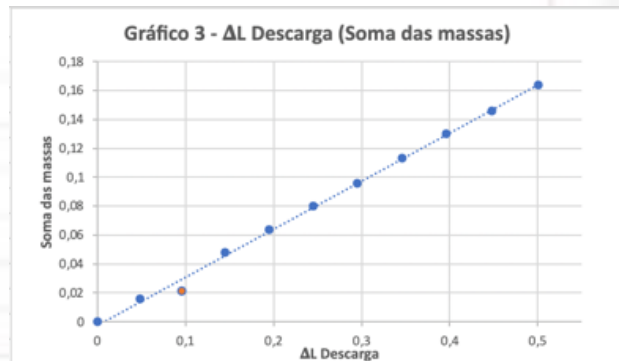
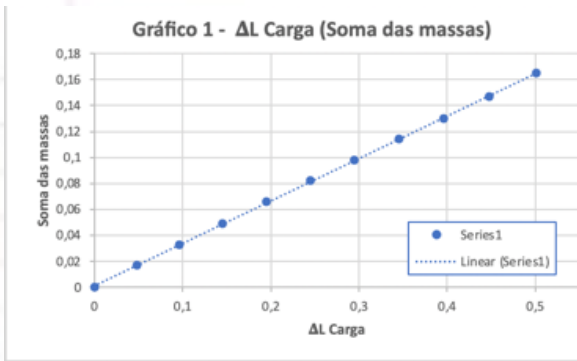
$M (\pm 0,00001) \text{ kg}$	Soma das massas ($\pm 0,00001$) kg	$m_i (\pm 0,00001) \text{ kg}$	Li Carga ($\pm 0,0005$) m	Li Descarga ($\pm 0,0005$) m
0,14041	0	0	0,568	0,569
0,18843	0,04802	0,04802	0,585	0,585
0,23675	0,09634	0,04832	0,601	0,590
0,28556	0,14515	0,04881	0,617	0,617
0,33514	0,19473	0,04958	0,634	0,633
0,38521	0,2448	0,05007	0,650	0,649
0,43551	0,2951	0,0503	0,666	0,665
0,48599	0,34558	0,05048	0,682	0,682
0,53649	0,39608	0,0505	0,698	0,699
0,58796	0,44755	0,05147	0,715	0,715
0,64120	0,50079	0,05324	0,733	0,733

$\Delta L \text{ Carga } (\pm 0,0005) \text{ m}$	$\Delta L \text{ Descarga } (\pm 0,0005) \text{ m}$	K Carga (N/m)	K Descarga (N/m)
0	0	#DIV/0!	#DIV/0!
0,017	0,016	27,7	29,4
0,033	0,021	28,6	45,0
0,049	0,048	29,1	29,7
0,066	0,064	28,9	29,8
0,082	0,080	29,3	30,0
0,098	0,096	29,5	30,2
0,114	0,113	29,7	30,0
0,130	0,130	29,9	29,9
0,147	0,146	29,9	30,1
0,165	0,164	29,8	30,0

Tabela 3

$K''(\text{Carga}) (\text{N/M})$	29,2
$K''(\text{Descarga}) (\text{N/M})$	31,4
$K' (\text{N/M})$	30,3
$u (K' \text{ carga}) (\text{N/M})$	0,206
$u (K' \text{ descarga}) (\text{N/M})$	1,435
$u (K'') (\text{N/M})$	0,434

Tabela 4



CARGA			
m	3,06	-0,0039	b
S_m	0,0125	0,00121	S_b
r^2	1,00	0,00214	S_y

Tabela 5

DESCARGA			
m	3,00	0,0074	b
S_m	0,0559	0,00535	S_b
r^2	1,00	0,00977	S_y

Tabela 6

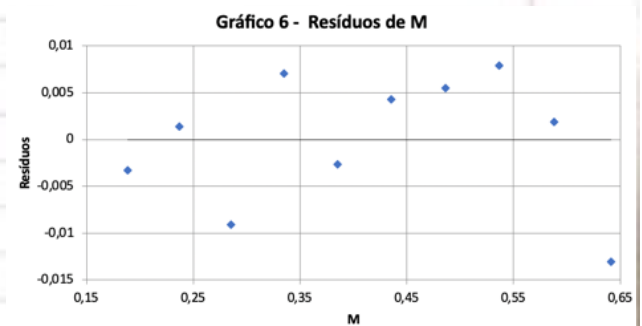
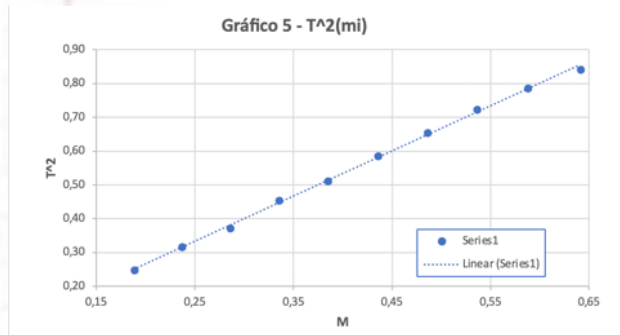
• Na análise dos resíduos relativos ^{e os gráficos} apresentados no gráfico 1, 2, 3 de percebeu-se apenas que:

- No gráfico 2, 4 os valores não se distribuíram de forma aleatória, uma vez que apresentavam uma tendência curva, sempre variando em torno de valores baixos, o que representa um bom indicador para a massa após uma ação.
- No gráfico 4 o valor 3,00 associado a massa 3 apresentava uma dispersão elevada em relação ao restante, fazendo com que a análise gráfica a tendência curva de gráficos 1 e 2 não mais evidenciasse uma vez que poderíamos alterar a escala ^{de y e x} e o valor a massa 3 ^{de y e x} desceria para certamente menor.
- Apesar de tudo, considerando os novos gráficos uma boa ação após uma ação, que poderia ser ainda mais precisa se o valor 3 dos gráficos 3 e 4 fosse utilizado.

Estudo do método dinâmico

M ($\pm 0,00001$)kg	Soma das massas ($\pm 0,00001$)kg	m _i ($\pm 0,00001$)kg	20T ($\pm 0,01$)s	T ($\pm 0,01$)s	T ² ($\pm 0,01$)s	K (N/M)
0,18843	0,04802	0,04802	9,97	0,50	0,25	29,94
0,23675	0,09634	0,04832	11,27	0,56	0,32	29,43
0,28556	0,14515	0,04881	12,20	0,61	0,37	30,30
0,33514	0,19473	0,04958	13,48	0,67	0,45	29,13
0,38521	0,2448	0,05007	14,30	0,72	0,51	29,75
0,43551	0,2951	0,0503	15,30	0,77	0,59	29,38
0,48599	0,34558	0,05048	16,17	0,81	0,65	29,35
0,53649	0,39608	0,0505	17,01	0,85	0,72	29,28
0,58796	0,44755	0,05147	17,73	0,89	0,79	29,54
0,64120	0,50079	0,05324	18,35	0,92	0,84	30,07

Tabela 7



m	1,33	0,0008	b
s_m	0,0162	0,00708	S_b
r²	1,00	0,00741	S_y

Tabela 8

K' (N/M)	29,6
u (K') (N/M)	0,114

Tabela 9

- Através da análise dos dados do método dinâmico é possível dizer que a incerteza associada ao K através deste método é bastante inferior à do método estático.
- O gráfico dos resíduos relativos apresenta valores aleatórios em torno de valores baixos, sendo uma indicação muito positiva para a massa aproximada logo, o valor obtido experimentalmente está próximo do valor real.
- A lei de Hooke foi verificada, já que a massa apresentada um reg. me elástico uma vez que, mesmo com as forças para manter sempre para a para deslocar a posição original de equilíbrio não houve ruptura.

→ conclusão:

Para concluir, o valor de k obtido através da
média do k estático e k dinâmico corresponde
a $29,18 \text{ N/m}$.

Adicionalmente, verificou-se a mola que ~~se comporta~~
~~comporta~~ em ambos os métodos a mola regressou
à sua posição de equilíbrio, sem ocorrê-
r danos, logo o seu comportamento é elástico e
sempre a lei de Hooke.