


**OBJETIVO**

Medição das oscilações de um pêndulo de mola helicoidal com sensor de movimento de ultrassom

**RESUMO**

As oscilações de um pêndulo de mola helicoidal são exemplo clássico de oscilação harmônica. Elas são registradas, na experiência, com um sensor de ultrassom, que capta a distância entre o peso pendurado no pêndulo e o sensor.

**TAREFAS**

- Registro da oscilação harmônica de um pêndulo de mola helicoidal em dependência do tempo com um sensor de ultrassom.
- Determinação da duração da oscilação  $T$  para diferentes combinações de constante de mola  $k$  e massa  $m$ .

**APARELHOS NECESSÁRIOS**

Número	Instrumentos	Artigo N°
1	Kit de molas helicoidais para a lei de Hooke	U40816
1	Conjunto de pesos de entalhe 10 x 10 g	U30031
1	Conjunto de pesos de entalhe 5 x 50 g	U30033
1	Tripé 150 mm	U13270
1	Vara de apoio, 1000 mm	U15004
1	Manga com gancho	U13252
1	Sensor de movimento de ultra-som	U11361
1	3B NETlab™	U11310
1	3B NETlog™ (230 V, 50/60 Hz)	U11300-230 ou
	3B NETlog™ (115 V, 50/60 Hz)	U11300-115
1	Fita métrica, 2 m	U10073

**FUNDAMENTOS GERAIS**

Oscilações são geradas quando um sistema retirado da situação de equilíbrio é retornado à situação de equilíbrio por uma força. Fala-se em oscilações harmônicas quando a força de retorno do sistema ao repouso é proporcional ao desvio do repouso em todos os momentos. As oscilações de um pêndulo de mola helicoidal são exemplo clássico disto. A proporcionalidade entre o deslocamento e a força de retorno é descrita pela Lei de Hooke.

**1**

Entre o deslocamento  $x$  e a força de retorno  $F$ , vale, portanto, a relação

$$(1) \quad F = -k \cdot x \text{ com} \\ k: \text{ constante de mola}$$

Para um peso  $m$  pendurado à mola helicoidal, vale, portanto, a equação de movimento

$$(2) \quad m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + k \cdot x = 0,$$

enquanto a massa da própria mola, bem como uma eventual força de atrito contrária, pode ser negligenciada.

As soluções desta equação de movimento têm a forma geral

$$(3) \quad x(t) = A \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t + \varphi\right),$$

como é confirmado na experiência através do registro das oscilações harmônicas de um pêndulo de mola helicoidal como função do tempo com o sensor de movimento de ultrassom e adaptação de uma função senoidal aos dados de medição.

O sensor de movimento de ultrassom mede a distância entre o peso pendurado ao pêndulo e o sensor. A grandeza de medição corresponde, assim, com exceção um deslocamento de ponto zero compensável por função de tara, imediatamente à grandeza  $x(t)$  observada na equação 3.

Define-se a duração da oscilação  $T$  como a distância entre duas passagens por zero da função senoidal na mesma direção e se obtém, de (3),

$$(4) \quad T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Para a confirmação de (4), as medições para diferentes combinações de peso  $m$  e constante de mola  $k$  são realizadas e, a cada vez, é determinada a duração da oscilação a partir da distância das passagens por zero nos dados registrados.

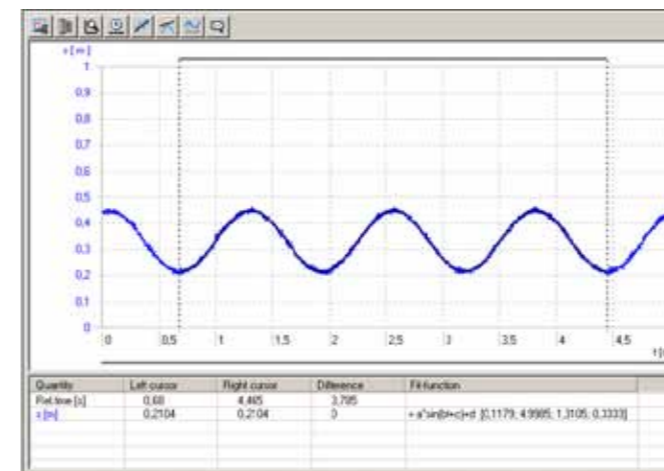


Fig. 1: Dados de oscilações registrados após adaptação de função senoidal

**ANÁLISE**

Da equação 4, conclui-se que:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{k} \cdot m.$$

Os dados de medição são, portanto, representados, para diferentes constantes de mola  $k$ , como parâmetro em um diagrama  $T^2$ - $m$ . Eles se encontram no âmbito da precisão de medição sobre retas de origem cujas inclinações são avaliadas em um segundo diagrama.

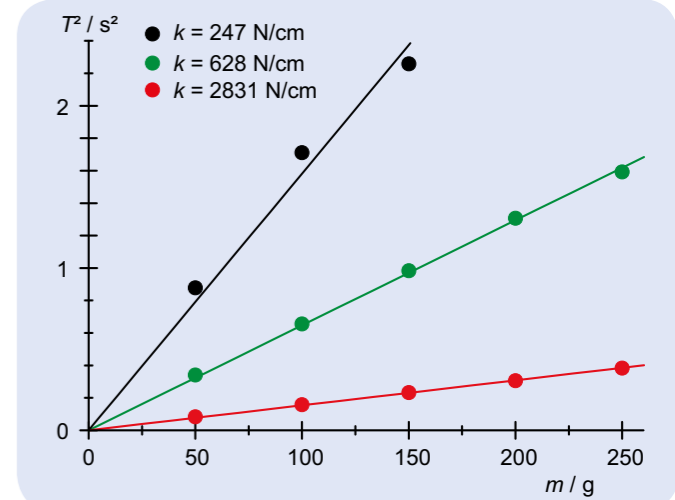


Fig. 2:  $T^2$  como função de  $m$

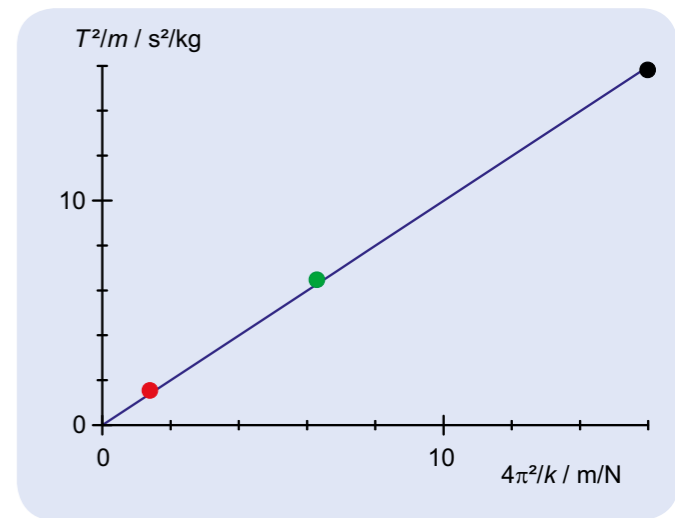


Fig. 3:  $\frac{T^2}{m}$  como função de  $\frac{4\pi^2}{k}$