



Sociedade Portuguesa de Física

Olimpíadas de Física – Etapa Nacional

24 de Outubro de 2020

Duração: 1 h 25 min

Prova Experimental - Escalão A

O pêndulo interrompido

Galileu Galilei nasceu em Pisa em 1564, manifestando desde cedo um invulgar espírito científico. Observou, mediu e procurou relações matemáticas que descrevessem o movimento de objetos vulgares como, por exemplo, pedras em queda livre, esferas a rolar num plano inclinado e pêndulos a oscilar.

Tal como Galileu, hoje os jovens Físicos Olímpicos irão estudar um movimento – o pêndulo interrompido.

A. Montagem

Observe a figura 1 que apresenta uma fotografia da montagem experimental a realizar.

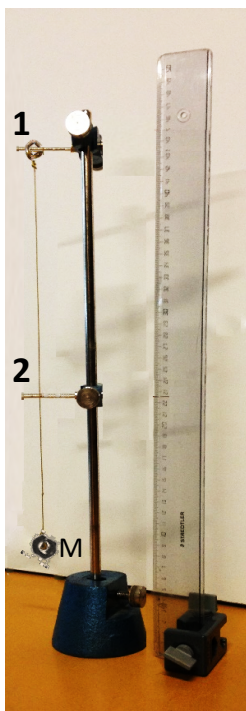


Figura 1 - Montagem

Material:

- a) Um suporte vertical e material para ligações
- b) duas hastes metálicas (1 e 2) com uma extremidade fina,
- c) régua
- d) um fio com comprimento entre 40 a 60 cm ligado a uma porca (tamanho M10)
- e) um cronómetro
- f) folhas para resolução da prova, folha de tabelas, papel milimétrico e calculadora.

A1 - Monte o sistema de suporte com as duas hastes metálicas horizontais, estando a inferior a cerca de metade da altura da superior. Oriente as hastes de forma a que a ponta fina fique virada para a noz de união.

A2 - Na extremidade da haste metálica horizontal superior suspenda o fio que lhe é fornecido atado a uma porca M10.

O objeto M10 deve ficar livre para oscilar no plano vertical, comportando-se como um pêndulo.

- A3** - Alinhe as duas hastes metálicas horizontais no mesmo plano vertical, para que o movimento pendular de M10 seja interrompido, na vertical do seu ponto de suspensão, pela zona fina da haste inferior.
- A4** - Usando um suporte fixe a régua na vertical para poder medir as alturas solicitadas (ver figura 1).

Atenção : Durante o movimento vão ocorrer vibrações no sistema. Por isso, verifique se os elementos de ligação estão bem apertados.

Na figura 2 representa-se um esquema do suporte com as hastes e a porca suspensa.

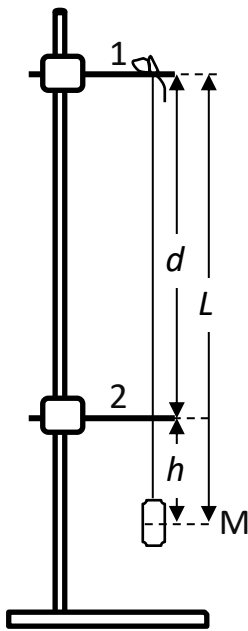


Figura 2 – Esquema do suporte

B. Execução

Na execução deste trabalho todas as alturas serão referidas em relação ao centro da posição de equilíbrio de M10 (esta posição está indicada como M nas figuras 1 e 2).

Registe de forma clara todas as grandezas medidas e cálculos efectuados nas folhas para realização da prova.

B1 - O “comprimento do fio” é definido entre o ponto de suspensão e o centro de massa de M10. Meça o “comprimento do fio” (L) e a altura (h) a que se encontra a barra inferior (ver figura 2). Registe esses valores na tabela I.

B2 - Afaste, ligeiramente, M10 para o lado oposto à haste horizontal inferior, mantendo o fio esticado e deixe-a cair. O objeto tem um movimento pendular com um raio igual ao comprimento do fio até atingir a haste metálica inferior, passando depois a ter um movimento também pendular

mas com raio menor.

O período de oscilação (T) é o tempo que o pêndulo demora a efectuar um ciclo completo, isto é, o intervalo de tempo entre duas vezes passagens sucessivas no mesmo ponto e no mesmo sentido. Determine este período experimentalmente a partir da medição do tempo de duração de vinte períodos. Registe os valores obtidos na tabela II.

- B3** - Para pequenos ângulos, o período de um pêndulo gravítico simples (não interrompido) depende apenas da aceleração gravítica (g) e do comprimento do fio (L), e pode ser calculado através da fórmula seguinte:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

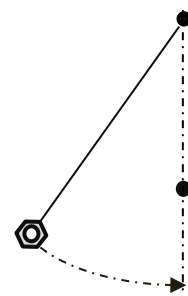


Figura 3- Movimento do pêndulo.

Observe o movimento do pêndulo interrompido e, utilizando a fórmula dada, calcule o período do pêndulo interrompido considerando que é a soma de dois semi-períodos correspondentes a dois pêndulos com comprimentos diferentes. Considere $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Compare com o resultado obtido experimentalmente e critique.

- B4 - Desloque a haste metálica inferior para que a distância entre as duas hastes, d , seja cerca de 4 vezes superior à altura, h , da haste inferior (ver figura 2). Registre os valores escolhidos na tabela III, em opção 1.

Aumentando o ângulo de afastamento de M10 da posição inicial, θ , mantendo o fio esticado, e largando-o vai observar diferentes movimentos de M10. A partir de um dado ângulo de afastamento limite, M10 consegue descrever um *looping* em torno do varão inferior (ver figura 4).

Esta parte do trabalho permite descobrir a relação entre a altura mínima, H_{min} , do ponto de largada e o raio do *looping* descrito, R . Aumente sucessivamente a altura de que é largado M10, até que seja descrito um *looping* em torno da haste inferior (e completadas pelo menos, 2 voltas). Na tabela III, registre o valor da altura mínima que permite que M10 descreva esse *looping* e aponte o valor do raio do *looping* descrito.

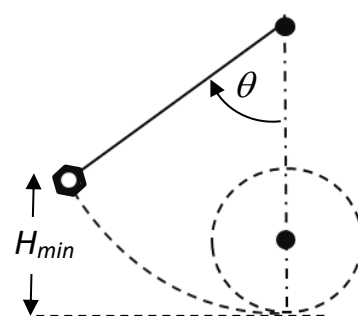


Figura 4 – *Looping* em torno da barra inferior.

- B5 - Repita a experiência anterior para outras três distâncias diferentes entre as hastes metálicas horizontais, maiores do que a inicial, de modo a obter valores que correspondam a três movimentos com *loopings* de raios diferentes.

Registre, na mesma tabela III, todos os valores medidos.

(C) Análise dos dados

- C1 - Em papel milimétrico trace, com os valores medidos, um gráfico da altura mínima do ponto de largada inicial em função do raio do *looping* descrito.
- C2 - Trace no gráfico a reta que melhor se ajusta aos pontos e calcule o seu declive. Comente o resultado.
- C3 - Imagine que se quer projetar um novo sistema: o fio tem o comprimento de 2,0 m e a barra horizontal inferior encontra-se a 1,4 m do ponto de suspensão.

Com base no declive da reta determinado na alínea anterior, qual deverá ser a altura mínima de que deve ser largado M10, para que esta consiga descrever um *looping* em torno da barra?

- C4 - Deixe agora cair M10 de uma altura superior à altura mínima para descrever o *looping*. Descreva o seu movimento, indicando também como varia o raio da sua trajetória. Discuta com base em argumentos físicos como evolui o valor da velocidade de M10 atingida nos pontos mais altos dos *loopings*.

Prova Experimental - Escalão A - Tabelas

Nomes: _____

Escola: _____

Tabela I

L /cm	h/cm

Tabela II

$\Delta t_{20\text{períodos}}/s$	Período/s

Tabela III

Opção	d/cm	h/cm	H_{\min} / cm	$R_{\text{looping}} / \text{cm}$
1				
2				
3				
4				