PÊNDULO

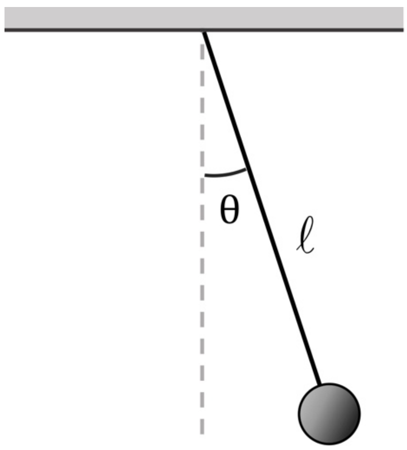
Nesta atividade iremos verificar experimentalmente a lei que descreve o período das pequenas oscilações de um pêndulo, e usá-la para determinar a aceleração da gravidade.

DISCIPLINA	PROGRAMA CURRICULAR
Física - 10°ano; Física - 12° ano	Forças e Movimentos; Forças, Movimentos e Equilíbrio

De que depende a oscilação de um pêndulo?

As oscilações de um pêndulo simples são descritas por uma equação do movimento não linear. No caso de pequenas oscilações (para ângulos menores que 20° o erro não é significativo) a equação pode ser simplificada e obtém-se como solução uma oscilação harmónica descrita por uma função sinusoidal do tipo $\theta(t) = \theta_0 sen(\omega_0 t + \delta)$ com $\omega_0 = 2\pi/T$, em que θ_0 e δ dependem das condições iniciais. O período de oscilação (T) depende apenas do comprimento do pêndulo e da aceleração da gravidade.

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



Com as experiências propostas verifica-se experimentalmente a dependência do período de oscilação com o comprimento do pêndulo e a sua independência da massa do pêndulo. Pode-se ainda determinar experimentalmente a aceleração da gravidade.

EXPERIÊNCIAS

5.1 - Verificar a dependência do período com $\sqrt{\ell}$.
5.2 - Verificar que o período não depende da massa M do pêndulo.
5.3 - Determinar da aceleração da gravidade.

PRECEDÊNCIAS
5.1 - nenhuma
5.2 - 5.1
5.3 - 5.1

MATERIAL

- Fio de algodão;
- Clips (nº10);
- Cronómetro (ou app no smartphone);
- Fita-cola;
- Caneta de acetato ou de feltro;
- Régua de 30 cm;
- Papel quadriculado e máquina de calcular (ou acesso a uma folha de cálculo para ajustes lineares).

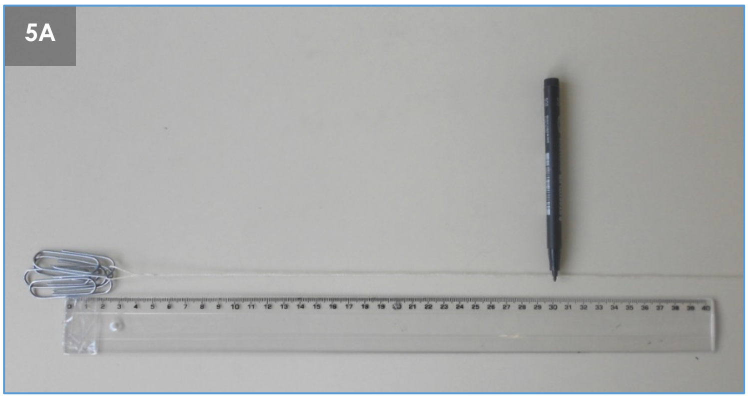
PROCEDIMENTO

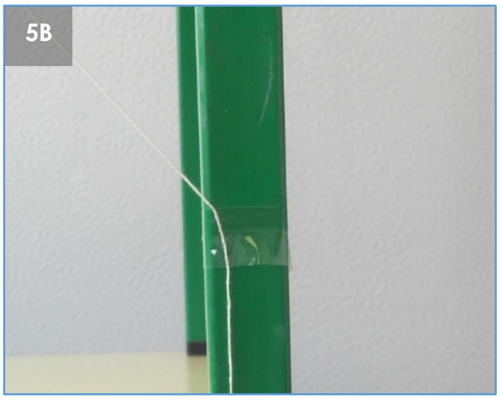
EXPERIÊNCIA 5.1 – Determinar o período de um pêndulo e ver de que forma depende do comprimento

1. Monta-se uma estrutura de trabalho com duas mesas tal como descrito no procedimento 1.1.

2. Usa-se um fio de algodão com cerca de 2,5 m de comprimento no qual se dá uma laçada numa das extremidades: engancham-se quatro clips nessa laçada; fazem-se 4 marcas no fio de 30 em 30 cm, começando ao centro dos clips. (Fig. 5A).

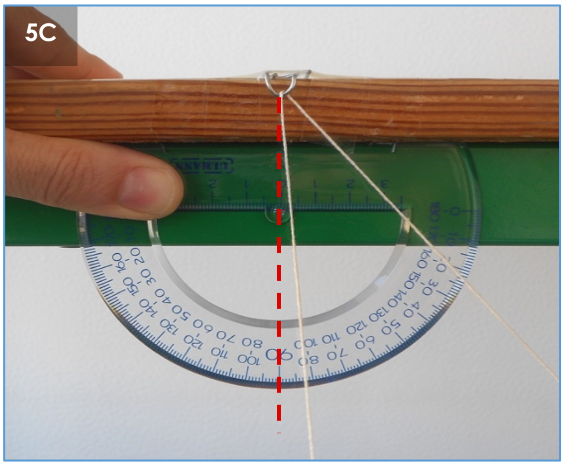
3. Constrói-se um pêndulo fazendo passar o fio de algodão pelo gancho fixado no tampo da mesa superior, ficando os clips suspensos, e fixando com fita-cola a outra extremidade do fio à perna da mesa (Fig. 5B).


5A


5B

4. Faz-se coincidir a marca no fio que corresponde a um comprimento do pêndulo de 120 cm com o centro do gancho fixo à mesa (pêndulo de comprimento $\ell = 120\ \text{cm}$).

5. Coloca-se o pêndulo a oscilar (é conveniente usar um ângulo inicial de oscilação não superior a 10°) (Fig. 5C).



6. Mede-se o período de oscilação com o cronómetro. Para melhorar a qualidade da medida é conveniente contar as oscilações a partir da posição em que ele inverte o seu movimento pela primeira vez e medir o tempo de várias oscilações (cerca de 10). O período, T, calcula-se dividindo esse tempo pelo número de oscilações.

7. Repete-se o procedimento anterior para cada uma das marcas do fio (basta puxar o fio que está fixo na aduela pela fita-cola até a próxima marca coincidir com o gancho de suspensão.

Exemplo*: consideremos um pêndulo com comprimento ℓ. Libertando-o a cerca de 10° do seu ponto de equilíbrio obteve-se um tempo de t para n oscilações. Assim o período deste pêndulo é*

$$T = \frac{t}{n}$$

Repetindo o procedimento para os diferentes comprimentos do pêndulo obtemos uma tabela com os valores de T, ℓ e $\sqrt{\ell}$ a partir da qual podemos construir um gráfico do período em função de $\sqrt{\ell}$. Verifica-se a partir deste gráfico que esta dependência é linear

$$T = m\sqrt{\ell}$$

em que m é o declive da reta que passa aproximadamente pelos pontos experimentais.

EXPERIÊNCIA 5.2 – Verificar que o período do pêndulo não depende da sua massa M

1. Repete-se o procedimento 5.1 duplicando o número de clips, alterando a sua massa M.

2. Verifica-se que se obtém outra reta com um declive semelhante à anterior.

EXPERIÊNCIA 5.3 – Determinar a aceleração da gravidade

1. Num nível mais avançado, podemos recorrer à equação do movimento do pêndulo para relacionar o período do pêndulo na aproximação de pequenas oscilações com a aceleração da gravidade. Como vimos, neste caso

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

Recorrendo ao(s) declive(s), m, da(s) reta(s) previamente determinado(s) podemos calcular um valor experimental para a aceleração da gravidade do local, *g,*

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} = m\sqrt{\ell}$$

isto é,

$$g = \left(\frac{2\pi}{m}\right)^2$$