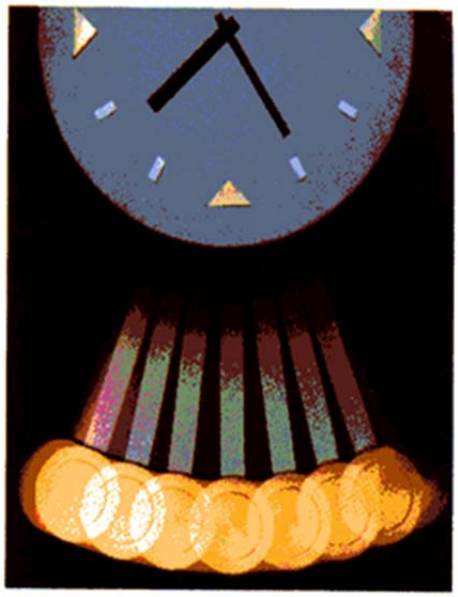
**Escola Secundária Sá de Miranda**

# Oficina de Formação:

# "Utilização e organização dos laboratórios escolares"

**Actividade laboratorial**



**Pêndulo gravítico - Física 12º ano**

Formando: Augusto Gonçalves Lobo

Escola Secundária Sá de Miranda

# Índice

1. Introdução ..... 2
2.1 Planificação de uma actividade para aplicar em contexto de sala de aula ..... 3
OBJECTIVOS DO TRABALHO ..... 4
2.2 Construção do Guião de apoio à actividade ..... 5
TRABALHO LABORATORIAL ..... 7
REGISTOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS ..... 7
Guião de apoio à actividade (preenchido)..... **Error! Bookmark not defined.**
Bibliografia ..... 14

# 1. Introdução

O ensino da disciplina de Física deve reflectir o facto de ser uma disciplina experimental - as teorias, por mais elegantes que sejam, estão sempre subordinadas à validação experimental. Todas as previsões que os alunos façam antes de um trabalho laboratorial, assim como as observações e as interferências que retiram dessas observações, têm de estar fundamentadas num conhecimento teórico. Só assim os alunos saberão o **que observar, como observar e como interpretar** o que observam.

Deve, também, reforçar-se a ideia de que, em todas as experiências, há uma incerteza experimental e que esta proporciona um critério para controlar os resultados experimentais à luz de uma certa teoria. Por isso, nos trabalhos laboratoriais há que fazer-se um confronto entre os resultados obtidos e as previsões teóricas.

A recolha de dados experimentais feita com interfaces para a sua aquisição automática facilita o seu tratamento estatístico e a visualização gráfica deve ser estimulada.

Os alunos devem continuar a desenvolver competências já adquiridas anteriormente, como a de determinar a incerteza associada a uma medida directa.

O método utilizado prevê a utilização a construção de tabelas e de gráficos de dispersão, sobre os quais os alunos devem trabalhar, utilizando a máquina gráfica e aplicando conhecimentos de estatística já adquiridos.

O recurso à calculadora gráfica deve ser estimulado. Para o aluno, trata-se de um equipamento familiar. A calculadora pode ser um instrumento excelente na análise de situações para as quais a resolução analitica é difícil. Um interface de aquisição de dados ligada à calculadora possibilitará realizar alguns trabalhos laboratoriais com maior precisão das medidas obtidas.

O aluno deve decidir qual o gráfico mais adequado face ao objectivo pretendido, assim como o tipo de função de ajuste aos pontos experimentais. A equação de regressão escolhida permitirá estabelecer relações entre variáveis e confrontá-las com as previsões teóricas.

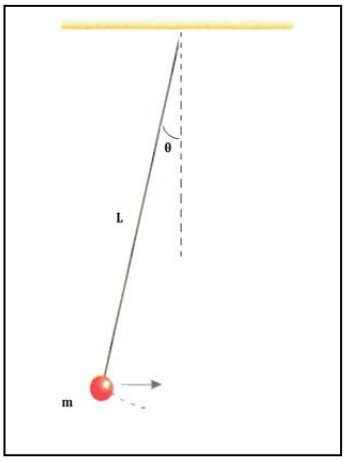
Neste trabalho escolhi como tema de estudo o movimento do **pêndulo gravítico.**

## 2.1 Planificação de uma actividade para aplicar em contexto de sala de aula

Durante muitos anos o Pêndulo foi o "coração" dos relógios. Foi Galileu quem começou por estudar o pêndulo, imaginando-o como um possível relógio. Diz-se que foi ao observar as oscilações de um candelabro na Catedral de Pisa que Galileu compreendeu a relação entre a força resultante aplicada a um corpo e as características do seu movimento.

Galileu descobriu, assim, o isocronismo (iso = igual + cronos = tempo) das oscilações do pêndulo ao comparar o número das suas próprias pulsações com o movimento do candelabro.

Um corpo suspenso de um fio pode constituir um oscilador, pois se for afastado da posição de equilíbrio tende a oscilar naturalmente com um período que lhe é próprio. Um fenómeno é periódico quando se repete ao fim de um certo tempo, T, a que chamamos período.




Neste trabalho estuda-se o movimento do pêndulo simples, analisando-se as características que o tornam um bom instrumento para medir o tempo e, indirectamente a aceleração da gravidade.

## OBJECTIVOS DO TRABALHO

- Concluir que o período do movimento de um pêndulo depende da amplitude de oscilação mas é praticamente independente desta se ela for pequena
- Concluir que o período de um pêndulo com oscilações de pequena amplitude é independente da sua massa.
- Exprimir o período de um pêndulo com oscilações de pequena amplitude em função da aceleração da gravidade e do comprimento do fio.
- Determinar experimentalmente a aceleração da gravidade.

## CONTEXTO TEÓRICO

Com base na figura 2, podemos escrever $P_t = m\,g \sin\theta$. A componente tangencial da força responsável pela alteração do módulo da velocidade do pêndulo é directamente proporcional a $\sin\theta$. Deste modo, o movimento não é harmónico simples. O período do movimento depende da amplitude das oscilações.

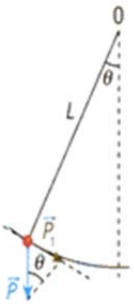



Figura – 2

Se as amplitudes de oscilação forem pequenas, de modo que $\sin\theta \approx \theta$, verificar-se-á o isocronismo das oscilações.

Dentro desta aproximação e de acordo com a **figura 3**,

$P_t = m\,g\,\theta\,;\; a_t = g\,\theta$

sendo $\theta \approx \frac{x}{L}$ **(fig. 3)**,

podemos escrever $a = a_t = \frac{g}{L}\,x$.

Figura – 3

O módulo da aceleração, $a$, é directamente proporcional ao módulo do deslocamento, $x$, em relação ao ponto O **(fig. 3)**.
Deste modo, o movimento é harmónico simples, com uma frequência angular $\omega^2 = \frac{g}{L}$.

Como $\omega = \frac{2\pi}{T}$, obtém-se $T^2 = \frac{4\pi^2}{g}\,L$.

O período das pequenas oscilações depende do comprimento do pêndulo e da aceleração da gravidade, mas não depende da massa do oscilador.

## 2.2 Construção do Guião de apoio à actividade

O trabalho experimental consta de quatro partes

1ª- Verificar a dependência do período das oscilações com a respectiva amplitude

2ª- Verificar o isocronismo das pequenas oscilações.

3ª- Verificar que o isocronismo das pequenas oscilações não depende da massa do oscilador.

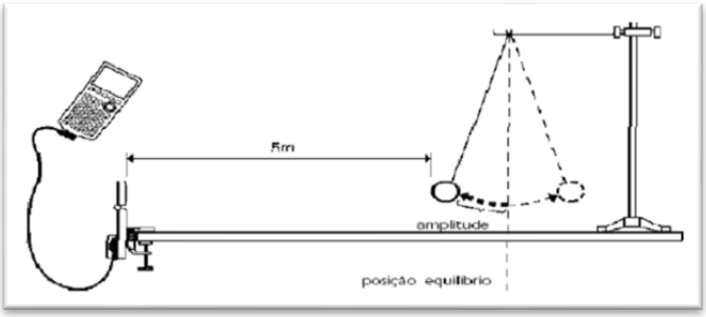
4ª- Determinar a aceleração da gravidade com base na representação gráfica da função $T^2 = f(\ell)$ e do conhecimento do declive da recta de ajuste.

O material a utilizar depende do método a utilizar para medir o período das oscilações.

**Método A-** Utilização de um fotossensor ligado a um digitímetro.

Neste método é feita a medição directa do período das oscilações do pêndulo, utilizando o digitímetro que processa os dados que recebe do fotossensor. Em alternativa, caso não existam sensores, poderá ser utilizado um cronómetro.

**Método B-** Utilização de um sensor CBR ligado a uma máquina gráfica TI-84 Plus com a aplicação CBL/CBR




O objectivo é recolher dados relativos à distância entre o pêndulo e o CBR, quando o pêndulo é posto em movimento. Depois da recolha de dados, com a calculadora determina-se o período, pela análise do gráfico ou das tabelas entre dois pontos consecutivos na mesma fase de vibração.

Na elaboração deste guião utilizou-se o método A.

## TRABALHO LABORATORIAL

### Material e equipamento

- Esferas metálicas
- Suporte e fio
- Régua
- Balança
- Fotossensor associado a um digitímetro
- Máquina de calcular gráfica

### Procedimento experimental

- Identificar o material e equipamento existente na mesa de trabalho.

- Face aos objectivos do trabalho e material disponibilizado, conceber um procedimento experimental que permita, para pequenas oscilações:

a) Determinar o período do pêndulo em função da amplitude.
b) Verificar que o período do pêndulo não depende da massa do oscilador.
c) Determinar o período do pêndulo em função do comprimento

## REGISTOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

- Registar a incerteza associada às grandezas medidas
- Fazer os cálculos necessários e preencher as tabelas

| Precisão dos aparelhos de medida | |
|---|---|
| Régua | |
| Balança | |
| Contador de tempo | |

### Experiência 1 - Pêndulo com amplitudes de oscilação diferentes, com comprimento e massa constantes

- Manter nos ensaios o mesmo oscilador e o mesmo comprimento do pêndulo.
- Realizar ensaios alterando as amplitudes da oscilação

Massa do pêndulo: m = ….. g comprimento do pêndulo: ℓ = ….. cm

| Ensaio | Afastamento em relação à posição de equilíbrio, θ | Período (s) |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |

**Conclusão:**

**Experiência 2 - Pêndulo de massas diferentes, com amplitudes de oscilação e com comprimento constantes**

- Manter nos ensaios a amplitude da oscilação e o mesmo comprimento do pêndulo.
- Realizar ensaios alterando a massa do oscilador

Comprimento do pêndulo: ℓ = ….. cm amplitude da oscilação θ = …. º(< 10º)

| Ensaio | Massa (g) | Período (s) |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

**Conclusão:**

**Experiência 3 - Pêndulo com comprimentos diferentes, com amplitudes de oscilação e massa constantes**

- Manter nos ensaios a amplitude da oscilação (<10º) e a massa do oscilador.
- Realizar ensaios alterando o comprimento do pêndulo.

Massa do pêndulo: m = ….. g amplitude da oscilação θ = …. º(< 10º)

| Ensaio | Comprimento, ℓ (m) | Período,T (s) | $T^2$ ($s^2$) |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

- Utilizando a calculadora gráfica, representar o gráfico $T^2 = f(\ell)$.

- Determinar a expressão da linha de tendência que melhor se ajusta ao conjunto de pontos por regressão linear.

- Determinar o valor de **g** a partir do declive da expressão da linha de tendência do gráfico.

- Comparar o valor de g determinado experimentalmente com o valor teórico.Determinar o erro relativo ( Dado: valor teórico de g = 9,81 $ms^{-2}$ )

- Analisar os resultados obtidos e confrontá-los com os previstos teoricamente e com os dos colegas, apresentando explicações para eventuais diferenças.

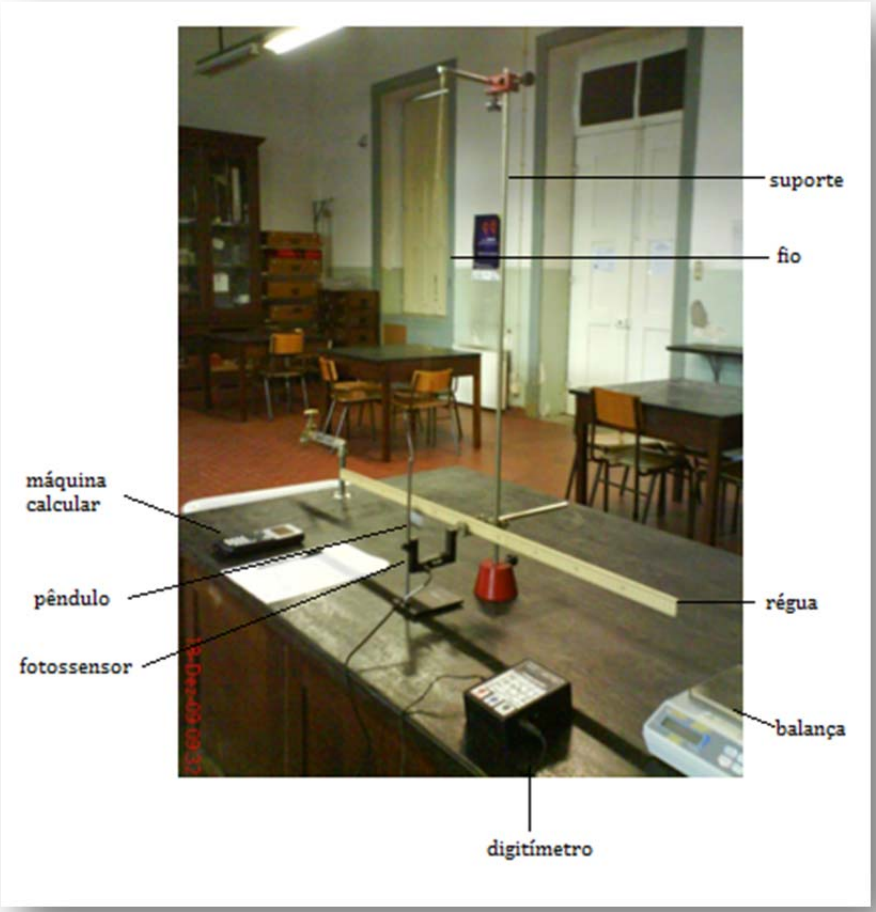
**TRABALHO LABORATORIAL** **( Guião preenchido)**

**Material e equipamento**

- Esferas metálicas
- Suporte e fio
- Régua
- Balança
- Fotossensor associado a um digitímetro
- Máquina de calcular gráfica

**Procedimento experimental**

- Identificar o material e equipamento existente na mesa de trabalho.




- Face aos objectivos do trabalho e material disponibilizado, conceber um procedimento experimental que permita, para pequenas oscilações:

d) Determinar o período do pêndulo em função da amplitude.
e) Verificar que o período do pêndulo não depende da massa do oscilador.
f) Determinar o período do pêndulo em função do comprimento

Um possível procedimento experimental

- Determinar a massa da esfera (o oscilador).
- Pendurar a esfera metálica por um fio num suporte.
- Medir o comprimento do pêndulo.
- Com uma régua, medir a distância horizontal a que pode afastar o pêndulo, para poder determinar o ângulo de afastamento.
- Montar o fotossensor na posição de equilíbrio do pêndulo.
- Ligar a interface ao digitímetro.
- Deslocar o pêndulo e deixá-lo oscilar livremente. Verificar que a oscilação se faz sempre no mesmo plano vertical.
- Repetir o procedimento anterior para diferentes amplitudes de oscilação, para esferas com massas diferentes e para outros comprimentos, fazendo no mínimo três ensaios para cada medição.
- No caso de não existir um contador digital do tempo, medir o tempo de 10 oscilações com um cronómetro.
- Registar os resultados numa tabela.
- Para calcular as amplitudes da oscilação, medir o afastamento do pêndulo relativamente à posição vertical, x, e, conhecido o comprimento do pêndulo, ℓ, tem-se $\theta=\sin^{-1}(x/\ell)$.
- Traçar o gráfico $T^2 = f(\ell)$ e determinar o valor de g a partir da recta de ajuste.
- Analisar os resultados obtidos e confrontá-los com previsões teóricas.

## REGISTOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

- Registar a incerteza associada às grandezas medidas
- Fazer os cálculos necessários e preencher as tabelas

| Precisão dos aparelhos de medida | |
|---|---|
| Régua | ±0,05 cm |
| Balança | ±0,01 g |
| Contador de tempo | ±0,001 s |

### Experiência 1 - Pêndulo com amplitudes de oscilação diferentes, com comprimento e massa constantes

- Manter nos ensaios o mesmo oscilador e o mesmo comprimento do pêndulo.
- Realizar ensaios alterando as amplitudes da oscilação

Massa do pêndulo: m = 7,4 g comprimento do pêndulo: ℓ = 82 cm

| Ensaio | Afastamento em relação à posição de equilíbrio, θ | Período,T (s) |
|---|---|---|
| 1 | 40º | 1,85 |
| 2 | 20º | 1,84 |
| 3 | 14º | 1,83 |
| 4 | 10º | 1,82 |
| 5 | 8º | 1,82 |
| 6 | 5º | 1,82 |
| 7 | 3º | 1,82 |

**Conclusão:**

As oscilações no movimento pendular são isocronas, isto é, para oscilações de pequena amplitude, o período não depende desta.

**Experiência 2 - Pêndulo de massas diferentes, com amplitudes de oscilação e com comprimento constantes**

- Manter nos ensaios a amplitude da oscilação e o mesmo comprimento do pêndulo.
- Realizar ensaios alterando a massa do oscilador

Comprimento do pêndulo: ℓ = 82 cm amplitude da oscilação θ = 8º (< 10º)

| Ensaio | Massa,m (g) | Período,T (s) |
|---|---|---|
| 1 | 7,4 | 1,82 |
| 2 | 13,9 | 1,82 |
| 3 | 23,9 | 1,82 |
| 4 | 69,6 | 1,82 |

**Conclusão:**

O período do oscilador é independente da massa

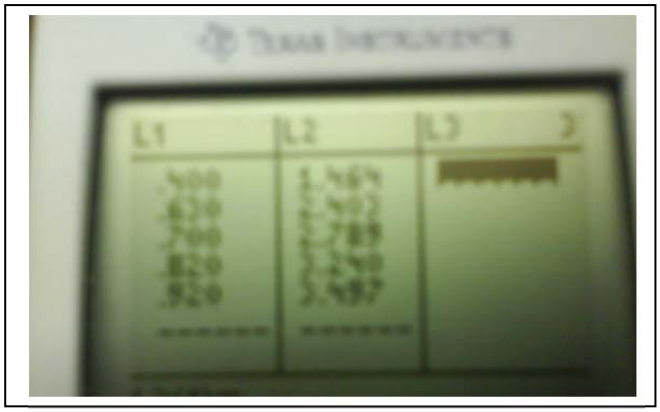
**Experiência 3 - Pêndulo com comprimentos diferentes, com amplitudes de oscilação e massa constantes**

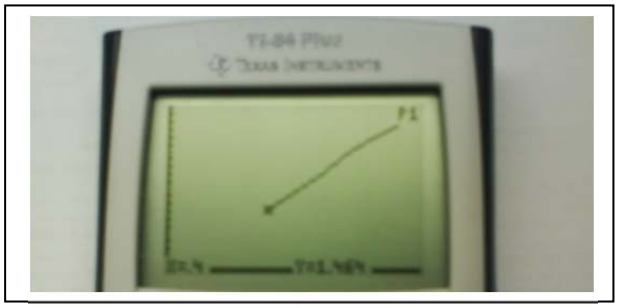
- Manter nos ensaios a amplitude da oscilação (<10º) e a massa do oscilador.
- Realizar ensaios alterando o comprimento do pêndulo.

Massa do pêndulo: m = 7,4 g amplitude da oscilação θ = 8º (< 10º)

| Ensaio | Comprimento, ℓ (m) | Período,T (s) | $T^2$ ($s^2$) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.400 | 1,21 | 1,464 |
| 2 | 0.630 | 1,55 | 2,403 |
| 3 | 0.700 | 1,67 | 2,789 |
| 4 | 0.820 | 1,80 | 3,240 |
| 5 | 0.920 | 1,87 | 3,497 |

- Utilizando a calculadora gráfica, representar o gráfico $T^2 = f(\ell)$.



- Determinar a expressão da linha de tendência que melhor se ajusta ao conjunto de pontos por regressão linear.

$T^2 = 4{,}006\ \ell - 0{,}102$

- Determinar o valor de g a partir do declive da expressão da linha de tendência do gráfico.

Sendo $T^2 = (4\pi^2/g)\,\ell$ onde $4\pi^2/g$ é o valor do declive

$4\pi^2/g = 4{,}006$

$g = 9{,}855\ ms^{-2}$

- Comparar o valor de g determinado experimentalmente com o valor teórico Determinar o erro relativo ( Dado: valor teórico de g = 9,81 $ms^{-2}$ )

$$e_r = \frac{|9{,}81 - 9{,}855|}{9{,}81} \times 100 = 0{,}5\%$$

- Analisar os resultados obtidos e confrontá-los com os previstos teoricamente e com os dos colegas, apresentando explicações para eventuais diferenças.

Os resultados obtidos aproximam-se das previsões teóricas. O método utilizado é muito preciso...

## Bibliografia

Maciel, Noémia, "Eu e a Física 12", Porto Editora, Porto, 2009

Caldeira, Helena, "Ontem e Hoje Física", Porto Editora, Porto, 2009

"Textos de Apoio" facultados na acção de formação