

DEMGi- Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão industrial

# GUIAS DE TRABALHOS PRÁTICOS

## MECÂNICA I



## TRABALHO PRÁTICO N.º 1

### Lançamento de projecteis

#### Guias de trabalhos práticos

##### Parte I

- Objectivos das aulas práticas
- Estrutura tipo do relatório

##### Parte II

- Trabalhos práticos
  - **Trabalho n.º 1:** Lançamento de projecteis.
  - **Trabalho n.º 2:** Colisões.



## TRABALHO PRÁTICO N.º 1

### Lançamento de projecteis

#### Objetivos das aulas práticas

As aulas práticas têm por objectivos fundamentais, a verificação experimental de conceitos em física, a aplicação no laboratório de conhecimentos a assimilar durante o semestre, o contacto e manuseamento de diferentes tipos de equipamento, assim como a execução correcta de cada trabalho e a elaboração concisa e cuidada do respectivo relatório.

A realização dos trabalhos práticos requer a preparação prévia dos mesmos, recorrendo a bibliografia adequada, bem como livros e apontamentos correspondentes à disciplina, pelo que o fundamento teórico apresentado em cada guia de trabalho não substitui este trabalho prévio.

#### Estrutura tipo do relatório

O relatório de trabalho deve ser sintético e claro na sua apresentação. Para uma conveniente elaboração ele deve conter um máximo de três páginas, mais uma página de anexos (destinada à apresentação de gráficos e tabelas, por exemplo), podendo ser manuscrito ou realizado em computador. Em termos estruturais o relatório deverá incluir:

*Título do trabalho*

*Autores e data da execução*

1. *Introdução*: – objetivos e princípios básicos do trabalho.
2. *Descrição experimental*: – descrição da experiência realizada, assim como a referência aos cuidados especiais a ter durante a realização experimental.
3. *Resultados experimentais e análise*: – apresentação dos dados em tabelas com unidades e utilizando notação científica. As tabelas devem estar correctamente legendadas. Apresentação de gráficos bem dimensionados e legendados assim como diagramas esquemáticos. Análise e discussão dos resultados.
4. *Conclusões e críticas*: – referência às conclusões retiradas, comentários e sugestões respeitantes ao trabalho em causa.



## TRABALHO PRÁTICO N.º 1

### Lançamento de projecteis

#### Objectivo

Utilizar e verificar experimentalmente algumas das relações que regem o movimento de um projectil lançado obliquamente.

#### Fundamento Teórico

Concerteza já observou que quando um jogador de futebol chuta a bola com um determinado ângulo com a horizontal, a bola descreve no ar uma trajectória que é uma parábola? O que acontece com a velocidade inicial da bola?

Quando a bola está na trajectória ascendente do seu movimento, a sua velocidade inicial vai diminuindo até atingir um valor mínimo no ponto mais alto da trajectória (vértice da parábola) e vai aumentando quando está na trajectória descendente até atingir o solo (alcance da bola).

Porque razão a velocidade da bola tem esta variação?

Para haver variação da velocidade, é necessário existirem forças a actuar sobre a bola. Desprezando a resistência do ar, a força cujo efeito se faz sentir sobre a bola é a força gravítica. Esta actua na vertical de cima para baixo e comunica à bola uma aceleração denominada aceleração da gravidade. Esta aceleração, para corpos próximos da superfície da terra, vale aproximadamente  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

Quando a bola está no sentido ascendente da sua trajectória, a força gravítica com sentido vertical para baixo faz com que a velocidade diminua (movimento retardado) e quando a bola está no sentido descendente da sua trajectória, a força gravítica que actua no mesmo sentido, faz com que a velocidade aumente (movimento acelerado).

**Princípio da Independência dos Movimentos (Galileu):** O movimento da bola é um *movimento bidimensional*, realizado nas direcções horizontais (X) e vertical (Y). Este movimento é composto por dois tipos de movimentos:

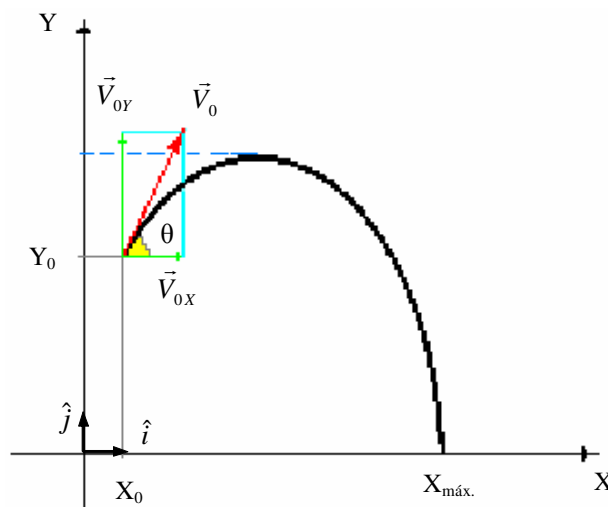
- movimento uniforme na direcção horizontal (X).
- movimento uniformemente variado na direcção vertical (Y).

Galileu já tinha constatado este fenómeno no século XVI, e baseando-se em factos experimentais, enunciou o *Princípio da Independência dos Movimentos*, que refere o seguinte:

**TRABALHO PRÁTICO N.º 1****Lançamento de projecteis**

”Quando um corpo realiza um movimento composto cada um dos movimentos componentes realiza-se como se os demais não existissem”.

No caso presente este princípio aplica-se, porque o movimento na direcção horizontal é do tipo uniforme (velocidade constante), independente do movimento na vertical que é uniformemente variado (aceleração constante).

**Figura 1****Movimento Projecteis (Análise escalar)**

Movimento horizontal (movimento uniforme)

$$a_x = 0 \text{ m/s}^2 \quad (1)$$

$$v_x = v_0 \cdot \cos(\theta) \quad (2)$$

$$x = x_0 + v_0 \cdot \cos(\theta) \cdot t \quad (3)$$

Movimento vertical (movimento variado)

$$a_y = -g \quad (4)$$

$$v_y = v_0 \cdot \text{sen}(\theta) - g \cdot t \quad (5)$$

$$y = y_0 + v_0 \cdot \text{sen}(\theta) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (6)$$

**Movimento Projecteis (Análise vectorial)**

$$\vec{r}(t) = x(t) \cdot \vec{i} + y(t) \cdot \vec{j} = (x_0 + v_0 \cdot \cos(\theta) \cdot t) \cdot \vec{i} + \left( y_0 + v_0 \cdot \text{sen}(\theta) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \right) \cdot \vec{j} \quad (7)$$



## TRABALHO PRÁTICO N.º 1

### Lançamento de projecteis

$$\vec{v}(t) = v_x(t) \cdot \vec{i} + v_y(t) \cdot \vec{j} = (v_0 \cdot \cos(\theta)) \cdot \vec{i} + (v_0 \cdot \sin(\theta) - g \cdot t) \cdot \vec{j} \quad (8)$$

$$\vec{a}(t) = a_x(t) \cdot \vec{i} + a_y(t) \cdot \vec{j} = -g \cdot \vec{j} \quad (9)$$

Para a execução deste trabalho dispomos de um sistema de lançamento de projecteis (esferas de plástico) conforme representado na figura 2.

Na determinação da velocidade inicial de disparo recorre-se ao valor do alcance obtido para um determinado ângulo de lançamento (usar por exemplo 40°). Considerando um segundo ângulo de lançamento e tendo em conta o valor da velocidade inicial determinado, calcula-se a posição onde deve ser colocado um alvo, de forma a conseguir atingi-lo com a maior precisão possível.



Figura 2

#### Material necessário

- Sistema de lançamento de projecteis.
- Esfera de plástico.
- Alvo.
- Fita métrica.

#### Realização Experimental

1. Posicione o disparador e fixe-o de modo a obter o ângulo de lançamento sugerido de 40°.
2. Coloque a esfera de plástico no disparador e comprima a respectiva mola de modo a obter um valor máximo de velocidade de lançamento inicial, com o auxílio do tubo destinado a esse efeito.
3. Efectue o disparo.
4. Meça a distância alcançada pela esfera.

**TRABALHO PRÁTICO N.º 1****Lançamento de projecteis**

5. Efectue cinco ensaios de forma a minorar o erro experimental. Apresente os dados experimentais e os resultados numa tabela como a seguir se exemplifica.

| Ensaio N.º | X [m] | $X_{\text{médio}}$ [m] |
|------------|-------|------------------------|
|            |       |                        |
|            |       |                        |
|            |       |                        |
|            |       |                        |

6. Considerando o valor médio do alcance determine a velocidade inicial da esfera. Apresente os dados e resultados numa tabela semelhante à apresentada.

| Variáveis              | Valores | $V_0$ [m/s] Eq.(3 e 6) |
|------------------------|---------|------------------------|
| $X_{\text{médio}}$ [m] |         |                        |
| Y [m]                  |         |                        |
| $Y_0$ [m]              |         |                        |
| $X_0$ [m]              |         |                        |
| $\theta$ [°]           |         |                        |

7. Considerando o valor de velocidade inicial calculado e utilizando um segundo ângulo de lançamento diferente do primeiro, efectue os cálculos necessários, de modo a posicionar o alvo e atingi-lo com a maior precisão possível, numa única tentativa. Apresente os dados experimentais e os resultados numa tabela como a seguir se exemplifica.

| Variáveis    | Valores | $X_{\text{máx.}}$ [m] Eq.(3 e 6) |
|--------------|---------|----------------------------------|
| $V_0$ [m/s]  |         |                                  |
| Y [m]        |         |                                  |
| $Y_0$ [m]    |         |                                  |
| $X_0$ [m]    |         |                                  |
| $\theta$ [°] |         |                                  |

8. Anexe o alvo utilizado ao relatório a apresentar.



## TRABALHO PRÁTICO N.º 2

### Colisões

#### Objetivo

Determinar a velocidade de disparo de uma esfera através de um pêndulo balístico, assumindo a condição de conservação do momento linear. Identificar a natureza da colisão.

#### Fundamento Teórico

Numa **colisão** entre dois corpos, estes aproximam-se, contactam e interagem, ocorrendo uma alteração do seu estado cinético. Uma colisão pode ser rápida, como a colisão de duas bolas de bilhar, ou pode levar séculos, como uma colisão de duas galáxias no espaço. Contudo, em todas as colisões os corpos só interagem fortemente durante o tempo de colisão.

As colisões podem ser de natureza elástica ou inelástica. Numa **colisão elástica** ocorre conservação da energia cinética do sistema constituído pelos dois corpos. Numa **colisão inelástica** a energia cinética do sistema não se conserva. A situação limite das colisões inelásticas é aquela em que os corpos, após a colisão, prosseguem juntos (colisões perfeitamente inelásticas).

Tanto nas colisões elásticas como nas inelásticas ocorrem trocas de energia e momento linear entre os corpos. Em todas as colisões, desde que o sistema se mantenha isolado ( $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ ), há sempre conservação do momento linear.

#### Pêndulo Balístico

O pêndulo balístico é habitualmente constituído por um bloco de madeira, tal como ilustrado na Figura 4, suspenso por dois fios, inextensíveis e de massa desprezável, onde se pode incrustar uma bala, e é um exemplo de aplicação de colisões perfeitamente inelásticas.

Numa primeira fase, colisão entre a bala e o bloco de madeira, há conservação do momento linear do sistema, mas não há conservação da energia.

Numa segunda fase, subida do conjunto bloco + bala, há conservação da energia mecânica, mas não há conservação do momento linear.

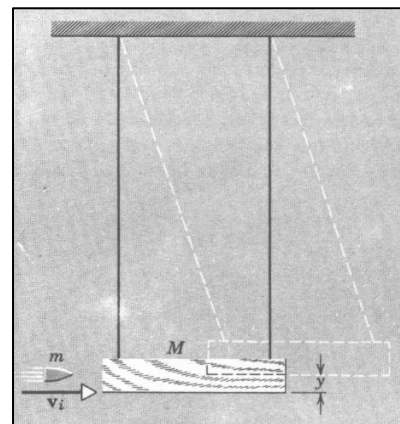


Figura 4





## TRABALHO PRÁTICO N.º 2

### Colisões

#### Resumindo:

#### Colisões

Conservação do momento linear

$$m_1 \cdot \vec{v}_{1i} + m_2 \cdot \vec{v}_{2i} = m_1 \cdot \vec{v}_{1f} + m_2 \cdot \vec{v}_{2f}$$

Elásticas: – conservação da energia cinética do sistema

$$\frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_{1i}^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_{2i}^2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_{1f}^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_{2f}^2$$

Inelásticas: – variação da energia cinética do sistema

Perfeitamente inelásticas: – corpos prosseguem juntos após colisão, consequentemente:

$$m_1 \cdot \vec{v}_{1i} + m_2 \cdot \vec{v}_{2i} = (m_1 + m_2) \cdot \vec{v}_f$$

Para a execução deste trabalho recorreremos ao dispositivo representado na Figura 5. Vamos considerar que a massa do pêndulo se encontra toda aplicada no centro da cavidade onde a esfera ficará alojada.

#### Material necessário

- Sistema de lançamento de projecteis.
- Pêndulo balístico.
- Esfera metálica.
- Fita métrica.
- Balança electrónica.

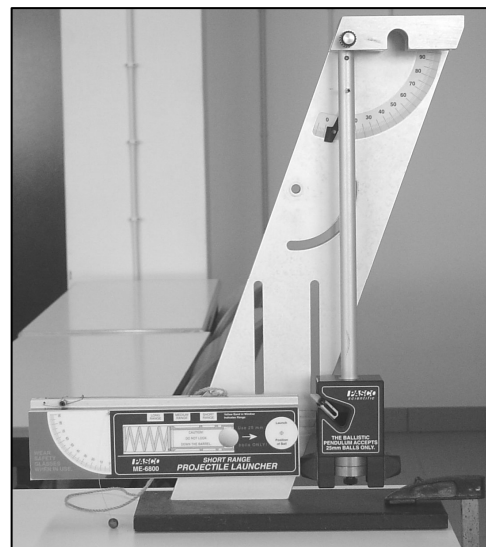


Figura 5



## TRABALHO PRÁTICO N.º 2

### Colisões

#### Realização Experimental

1. Determine a massa da esfera metálica e do pêndulo balístico.
2. Meça a distância  $r$  do centro de massa da cavidade do pêndulo ao eixo de rotação.
3. Coloque a esfera metálica no disparador e comprima a respectiva mola de modo a obter um valor máximo de velocidade de lançamento inicial, com o auxílio do tubo destinado a esse efeito.
4. Verifique se o ponteiro dos ângulos está na posição zero.
5. Efectue o disparo e registe o ângulo de oscilação do pêndulo.
6. Com base nesse ângulo e na distância  $r$ , determine a altura atingida pelo pêndulo.
7. Com base na conservação da energia mecânica, determine a velocidade do conjunto esfera – pêndulo imediatamente após a colisão.
8. Com base na condição de conservação do momento linear, determine a velocidade de disparo da esfera.
9. Tire conclusões acerca da natureza da colisão.

## **Anexo**

Alvo para o trabalho prático n.º 1

Escola Superior de Tecnologia de Viseu

**DEMGi** – *Mecânica I*

Lançamento de projecteis: **Alvo**

