

# Mecânica e Campo Eletromagnético - Trabalho Prático 1

Universidade de Aveiro

Tiago Garcia, Rúben Gomes, Bruno Santos



# Mecânica e Campo Eletromagnético - Trabalho Prático 1

Dept. de Eletrónica, Telecomunicações e Informática  
Universidade de Aveiro

Tiago Garcia, Rúben Gomes, Bruno Santos  
(114184) tiago.rgarcia@ua.pt, (113435) rlcg@ua.pt, (113446) brunommsantos@ua.pt

19 de outubro de 2023

### **Resumo**

O principal objetivo deste trabalho é estudar o comportamento de uma esfera em diferentes tipos de movimentos. Para alcançar os objetivos pretendidos, foi necessário realizar 3 experiências, sendo estas o lançamento horizontal, lançamento com ângulo variável e por último lançamento contra um pêndulo balístico. As medições de comprimentos apresentam um erro de 1mm, medições de massas apresentam um erro de 0.1g e medições de ângulos apresentam um erro de  $0.1^\circ$ . A exatidão na primeira parte foi de 97.9%.

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Detalhes Experimentais Relevantes</b>	<b>2</b>
2.1	Parte A . . . . .	2
2.1.1	Material . . . . .	2
2.1.2	Procedimento . . . . .	2
2.2	Parte B . . . . .	3
2.2.1	Material . . . . .	3
2.2.2	Procedimento . . . . .	3
2.3	Parte C . . . . .	4
2.3.1	Material . . . . .	4
2.3.2	Procedimento . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Análise e Discussão</b>	<b>5</b>
3.1	Parte A . . . . .	5
3.1.1	Análise . . . . .	5
3.1.2	Discussão . . . . .	5
3.2	Parte B . . . . .	6
3.2.1	Análise . . . . .	6
3.2.2	Discussão . . . . .	6
3.3	Parte C . . . . .	8
3.3.1	Análise . . . . .	8
3.3.2	Discussão . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Conclusões</b>	<b>9</b>

# Capítulo 1

## Introdução

Os conhecimentos necessários para as realizações da primeira e segunda parte do trabalho (lançamentos horizontal e com ângulo variável) foram obtidos na aula respetiva aos conteúdos do momento linear e lançamento oblíquo enquanto que para a terceira parte (lançamento contra um pêndulo balístico) foram obtidos na aula relativa às colisões.

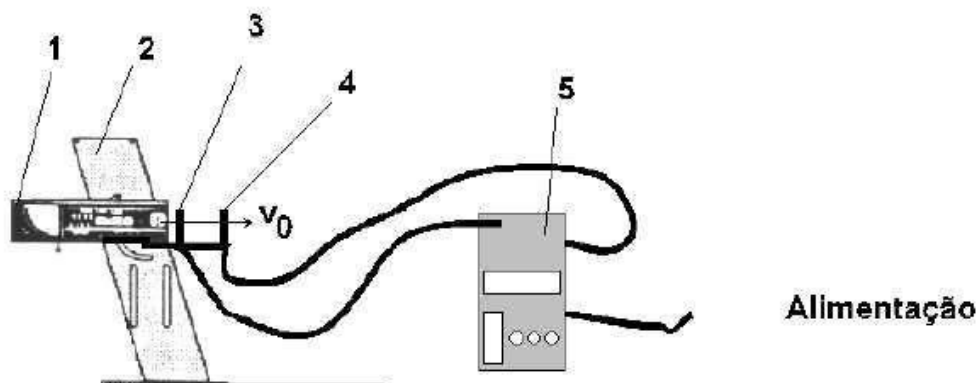
## Capítulo 2

# Detalhes Experimentais Relevantes

### 2.1 Parte A

#### 2.1.1 Material

1. Lançador de projéteis
2. Suporte para o lançador de projéteis
3. Sensor de movimento
4. Sensor de movimento
5. Sistema de controlo dos sensores
6. Fita-métrica
7. Bola metálica



#### 2.1.2 Procedimento

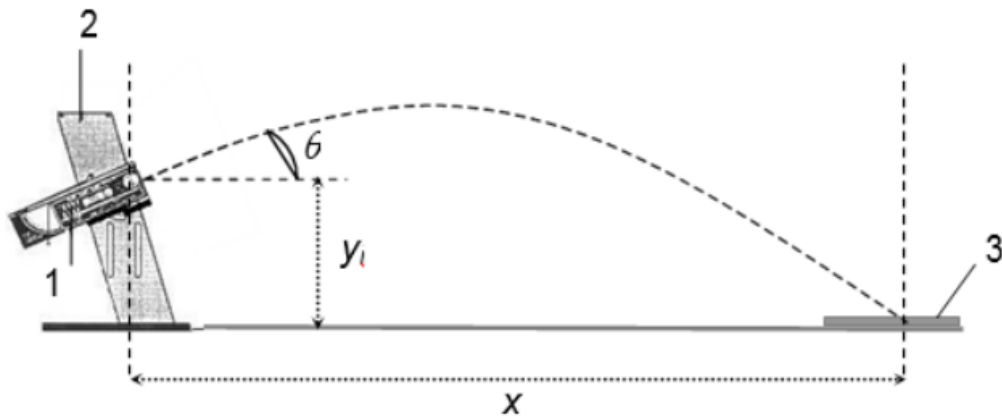
Antes de iniciar qualquer procedimento experimental é necessário certificar que o lançador de projéteis está devidamente montado e que o sistema de controlo dos sensores está ligado e a funcionar corretamente.

1. Preparar a montagem experimental como ilustrado na figura 2.1.1;
2. Medir a distância entre os sensores de movimento;
3. Carregar o lançador de projéteis com a bola metálica na posição de tiro curto (SHORT RANGE);
4. Colocar o sistema de controlo dos sensores na posição de TWO GATES e carregar em START/STOP;
5. Disparar o projétil e registar o valor de tempo obtidos;
6. Efetuar 3 disparos e registar as respetivas medições.

## 2.2 Parte B

### 2.2.1 Material

1. Lançador de projéteis
2. Suporte para o lançador de projéteis
3. Alvo
4. Fita-métrica
5. Bola metálica



### 2.2.2 Procedimento

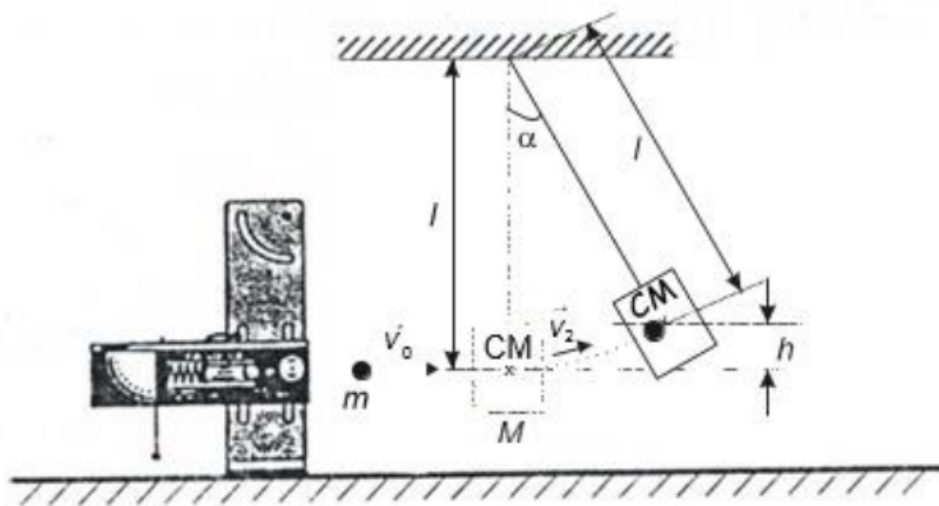
Antes de efetuar os lançamentos, é necessário verificar rigorosamente o ângulo de lançamento e fixar devidamente o alvo de modo a evitar imprecisões relacionadas com o mesmo.

1. Preparar a montagem experimental como ilustrado na figura 2.2.1;
2. Colocar o alvo a uma distância tal que a esfera caia sobre a sua superfície;
3. Carregar o lançador de projéteis com a bola na posição de tiro curto (SHORT RANGE);
4. Medir a altura de lançamento do projétil;
5. Disparar o projétil e registrar o alcance obtido;
6. Efetuar 3 disparos e registrar as respectivas medições para cada valor de ângulo (sendo esses ângulos:  $34^\circ$ ,  $38^\circ$ ,  $40^\circ$  e  $43^\circ$ ).

## 2.3 Parte C

### 2.3.1 Material

1. Suporte para o lançador de projéteis
2. Lançador de projéteis
3. Bola metálica
4. Pêndulo balístico
5. Balança
6. Fita-métrica



### 2.3.2 Procedimento

1. Preparar a montagem experimental como ilustrado na figura 2.3.1;
2. Medir as massas do projétil e do pêndulo balístico;
3. Medir o comprimento do pêndulo;
4. Carregar o lançador de projéteis com a bola na posição de tiro curto (SHORT RANGE);
5. Disparar o projétil e registrar o ângulo máximo descrito pelo pêndulo;
6. Efetuar 5 disparos e registrar as respectivas medições.



## Capítulo 3

# Análise e Discussão

### 3.1 Parte A

#### 3.1.1 Análise

##### Distância

Esta distância é 10cm e será constante para todos os lançamentos sendo ela a distância entre os dois sensores de movimento. O erro associado a esta medição é de 1mm.

##### Tempo

O tempo é medido pelo sistema de controlo dos sensores e é medido em segundo. O erro associado a esta medição é de 0.0001s. Este tempo é em média 0.04447s. A variação máxima do tempo é 0.0005s.

##### Velocidade

Para calcular a velocidade utilizamos a seguinte fórmula:

$$v = \frac{d}{t} \quad (3.1)$$

O erro associado a esta medição é de 0.0001m/s. A velocidade média é 2.249m/s. A variação máxima da velocidade é 0.04778m/s.

#### 3.1.2 Discussão

Tendo em conta as medições anteriores da distância e do tempo, verifica-se que a distância foi constante e a variação do tempo bastante baixa (variação máxima de 0.0005s) o que implica uma exatidão alta nos valores da velocidade calculados (exatidão de 97.9%).

Entre os possíveis motivos para a variação nos valores medidos de tempo podem se mencionar:

- A falta de consistência da força da mola;
- A forma como a pessoa que dispara pode não o fazer exatamente da mesma forma em todos os disparos.

## 3.2 Parte B

### 3.2.1 Análise

#### Altura

O valor da altura será constante e será medido desde o nível do alvo até ao ponto de lançamento verticalmente. No caso desta experiência, a altura medida foi 26cm.

#### Ângulo

Este ângulo varia de lançamento para lançamento, sendo medido utilizando as marcações do lançador. O erro associado a esta medição é de  $0.5^\circ$ . Os valores usados foram  $30^\circ$ ,  $34^\circ$ ,  $38^\circ$ ,  $40^\circ$  e  $43^\circ$ .

#### Alcance

A figura 3.1 representa o alcance em função do ângulo. No eixo  $x$  temos o ângulo de lançamento enquanto que no eixo  $y$  temos o alcance médio de cada ângulo.

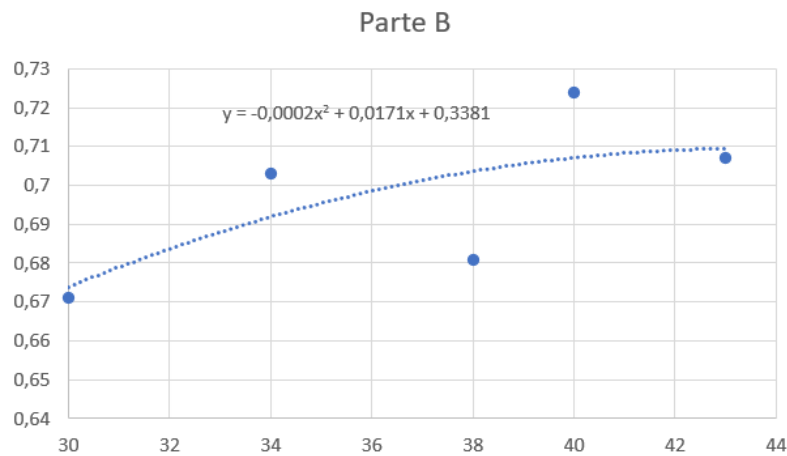


Figura 3.1: Gráfico do alcance em função do ângulo

### 3.2.2 Discussão

Tendo em conta os valores obtidos, verifica-se uma maior discrepância entre esses mesmos valores, especialmente para os três primeiros ângulos usados ( $30^\circ$ ,  $34^\circ$  e  $38^\circ$ ) com variações de 0.051, 0.046 e 0.046, respetivamente.

Nesta experiência, estas variações podem se dever a diversos fatores, como por exemplo:

- A falta de consistência da força da mola;
- A forma como a pessoa que dispara pode não o fazer exatamente da mesma forma em todos os disparos;
- A resistência do ar;
- As marcas existentes no alvo que podem causar confusão à pessoa que as vai verificar;
- A pouca estabilidade do alvo;
- Pequenas variações na forma de medição do alcance.

Para calcular o ângulo para o qual o alcance é máximo, é necessário calcular a derivada da função do alcance em função do ângulo e igualar a zero. A função do alcance em função do ângulo foi obtida utilizando o software Microsoft Excel que aproximou uma função polinomial de segundo grau aos pontos respetivos aos nossos valores. A equação obtida foi, tal como se pode ver no gráfico da figura 3.1:

$$y = -0.0002x^2 + 0.0171x + 0.3381 \quad (3.2)$$

A derivada desta função em  $x$  será:

$$y' = -0.0004x + 0.0171 \quad (3.3)$$

Por sua vez, esta será igual a 0 quando  $x = 42.75^\circ$ .

A altura de lançamento usada foi a mesma para todos os disparos de todos os ângulos o que implica que, baseado na experimentação, o ângulo para o qual se obtém maior alcance será  $42.75^\circ$ .

## 3.3 Parte C

### 3.3.1 Análise

#### Comprimento do pêndulo

Distância entre o ponto de suspensão e extremidade do centro. Este valor é obtido por medição direta com o erro associado de 1mm. O valor obtido foi de 24.4cm.

#### Massas

As massas são obtidas por medição direta com o erro associado de 0.1g. Os valores obtidos foram 237.2g para o pêndulo e 66.5g para o projétil.

#### Ângulo

Este é o ângulo máximo descrito pelo movimento do pêndulo. O erro associado a esta medição é de  $0.1^\circ$ . O valor médio foi  $17^\circ$ .

#### Altura

Este é o valor da altura máxima atingida pelo projétil, que é registada no ponto de maior ângulo. Pode ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$h = L(1 - \cos(\theta)) \quad (3.4)$$

O valor médio obtido foi 10.66mm.

#### Velocidade

Este é o valor da velocidade inicial do projétil. Pode ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$v = \left| \frac{m_{projetil} + m_{pendulo}}{m_{projetil}} * \sqrt{2 * g * h} \right| \quad (SI) \quad (3.5)$$

Onde  $g$  é a aceleração gravítica e  $h$  é a altura máxima atingida pelo projétil (calculada anteriormente).

### 3.3.2 Discussão

Tendo em conta os valores obtidos, verifica-se uma amplitude de  $1^\circ$ . Esta variação pode se dever a diversos fatores, como por exemplo:

- A falta de consistência da força da mola;
- A forma como a pessoa que dispara pode não o fazer exatamente da mesma forma em todos os disparos;
- Incerteza associada ao instrumento de medição;
- O atrito do pêndulo com o suporte.

Usando a fórmula 3.5 obtém-se para cada ângulo diferentes valores de velocidade inicial, sendo o valor da velocidade média 2.0879m/s. Este resultado deverá ser semelhante ao obtido da Parte A (secção 3.1.1), que ao comparar verifica-se uma diferença de 0.1611m/s.

## Capítulo 4

# Conclusões

Em todas as experiências, os objetivos essenciais foram cumpridos, contudo, verificámos alguns erros, como erros relacionados com medições que levaram a alguma dispersidade entre valores calculados e valores teóricos.

De forma a reduzir/minimizar a variação do fator humano no disparo (ex. O lançamento ser efetuado sempre pela mesma pessoa), nas medições de forma a aumentar a precisão. Podem ser efetuadas mais medições com instrumentos mais rigorosos. Um exemplo disto é o alvo utilizado para medir o alcance na Parte B.

# Anexos

Horizontal												
Distância $\sim L \pm \Delta L_m$					Tempo $\sim t \pm \Delta t_m$					Velocidade		
L	$\Delta L_i$	$\sim L$	$d \sim L$	$\Delta L_m$	t	$\Delta t_i$	$\sim t$	$d \sim t$	$\Delta t_m$	V	$\Delta V$	%
mm	mm	mm	mm	mm	s	s	s	s	s	m/s	m/s	
100	1	100	0	1	0.0445	0.0001	0.04447	0	0.0005	2.2489	0.04778	97.8756
100	1		0		0.044	0.0001		0.0005				
100	1		0		0.0449	0.0001		0.0004				

Figura 4.1: Tabela de resultados - Parte A

Altura	Ângulo	Distância $\sim L \pm \Delta L_m$				
		L	$\Delta L_i$	$\sim L$	$d \sim L$	$\Delta L_m$
		m	m	m	m	m
<u>26</u>	30	0.653	0.001	0.671	0.018	0.051
		0.638	0.001		0.033	
		0.722	0.001		0.051	
26	34	0.723	0.001	0.703	0.02	0.046
		0.73	0.001		0.027	
		0.657	0.001		0.046	
26	38	0.658	0.001	0.681	0.023	0.046
		0.659	0.001		0.022	
		0.727	0.001		0.046	
26	40	0.722	0.001	0.724	0.002	0.005
		0.729	0.001		0.005	
		0.721	0.001		0.003	
26	43	0.709	0.001	0.707	0.002	0.008
		0.699	0.001		0.008	
		0.712	0.001		0.005	

Figura 4.2: Tabela de resultados - Parte B

Gravidade(m/s <sup>2</sup> ):	9.804			Parte C						
L(mm):	244									
Massa do pêndulo(g)	Massa do projétil(g)	Ângulos(°)	$\sim \alpha(^{\circ})$	$\Delta \alpha(^{\circ})$	h(mm)	$\Delta h(mm)$	$\sim h(mm)$	$V_0(m/s)$	$\Delta v_0(m/s)$	$\sim v_0(m/s)$
237.2	66.5	17.5	17	0.1	11.29	1	10.66	2.1488	0.1001	2.0879
		16.9		0.1	10.54	1		2.0762	0.1727	
		17		0.1	10.66	1		2.0879	0.161	
		17.5		0.1	11.29	1		2.1488	0.1001	
		16.5		0.1	10.05	1		2.0273	0.2216	

Figura 4.3: Tabela de resultados - Parte C