

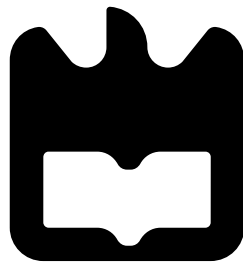
Relatório Final do Trabalho Experimental

Universidade de Aveiro

Catarina Rabaça N^o119582

Francisco Ribeiro N^o118993

Jorge Marques N^o120215



Índice

1	Introdução	2
2	Detalhes experimentais relevantes	3
2.1	Material necessário	3
2.2	Instrumentos de medida	3
2.3	Esquema da montagem	3
2.4	Número de medidas a efectuar	4
2.5	Principais cuidados	4
3	Análise e Discussão	5
3.1	Parte A - Determinação da Velocidade Inicial	5
3.2	Parte B - Dependência do alcance com o ângulo de disparo	5
3.3	Parte C - O Pêndulo Balístico	6
4	Conclusões	8
5	Anexos	9
5.1	Anexos	9
5.1.1	Resultados Experimentais - Parte A	9
5.1.2	Resultados Experimentais - Parte B	9
5.1.3	Resultados Experimentais - Parte C	10

Resumo e Objetivos

Na parte A, determinou-se a velocidade inicial de um projétil utilizando sensores de passagem que registraram o tempo necessário para a esfera percorrer uma distância pré-definida. Com essas medições, foi possível calcular com precisão a velocidade inicial do projétil.

Na parte B, investigou-se a relação entre o alcance do projétil e o ângulo de disparo. Alterando-se o ângulo do lançamento, foram analisadas as variações no alcance, permitindo avaliar a influência do ângulo sobre o comportamento da trajetória, mantendo o disparo sempre na configuração de "short range".

Por fim, na parte C, conhecida como pêndulo balístico, mediu-se o ângulo máximo alcançado pelo pêndulo após o impacto da esfera. Com base nesse ângulo, foi possível determinar a velocidade inicial do projétil, empregando um método diferente do utilizado na parte A.

Os objetivos do experimento incluem, na parte A, demonstrar que é possível calcular a velocidade inicial de uma esfera medindo o tempo que esta leva para percorrer uma distância fixa. Na parte B, o objetivo é compreender como a variação do ângulo de disparo afeta o alcance do projétil. Na parte C, busca-se, tal como na parte A, calcular a velocidade inicial, mas desta vez utilizando o ângulo máximo atingido pelo pêndulo após o impacto.

Capítulo 1

Introdução

O estudo do movimento de projéteis é fundamental para a compreensão das leis do movimento e da dinâmica. Este tipo de movimento ocorre quando um corpo é lançado e se desloca sob a influência da gravidade, sendo observado em várias situações práticas, como no desporto e na engenharia balística. A análise do movimento de um projétil envolve a compreensão das interações entre a força gravitacional, a velocidade inicial e o ângulo de lançamento, elementos essenciais para prever a trajetória e o alcance do projétil. O objetivo deste trabalho é explorar esses conceitos teóricos na prática, recorrendo a experiências para verificar dependências e aprofundar os nossos conhecimentos teóricos.

Capítulo 2

Detalhes experimentais relevantes

Neste tópico serão descritos todos os passos necessários para que a experiência seja bem executada. É necessário que cada etapa seja realizada com o maior rigor e precisão de modo a diminuir a taxa de erro, e garantir que os resultados sejam o mais precisos possíveis.

2.1 Material necessário

Lançador de projeteis: Utilizado para disparar o projétil; Sensores de passagem: Dois sensores, colocado um precisamente à saída do lançador e outro a uma certa distância, de modo a medir o tempo necessário para o projétil percorrer estes dois pontos; Papel químico: Regista a zona de impacto do projétil; Esfera metálica: Utilizada como projétil; Sistema de controlo dos sensores: Conecta os sensores, sendo responsável pela contagem do tempo; Grampo: Utilizado para fixar a base à mesa. Base de fixação do lançador de projeteis: Mantém o lançador estável durante toda a atividade; Pêndulo balístico: Utilizado para injetar uma força no projétil na parte C da experiência;

2.2 Instrumentos de medida

Cronómetro digital: Parte do sistema de sensores, mede o tempo de passagem do projétil; Transferidor integrado no lançador de projeteis: Media o ângulo de lançamento; Balança de precisão: Media a massa do projétil e do pêndulo; Fita métrica: Media a distancia entre os sensores e a altura do lançamento;

2.3 Esquema da montagem

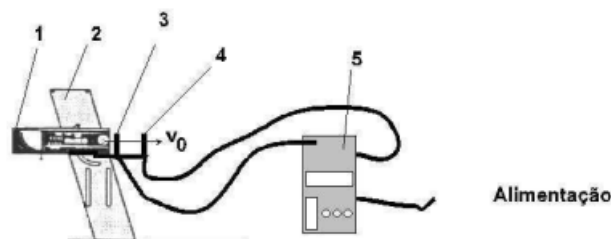


Figura 2.1: Esquema da montagem experimental A.

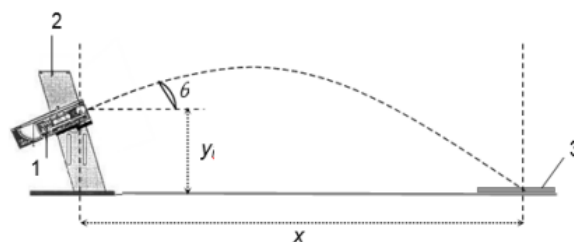


Figura 2.2: Esquema da montagem experimental B.

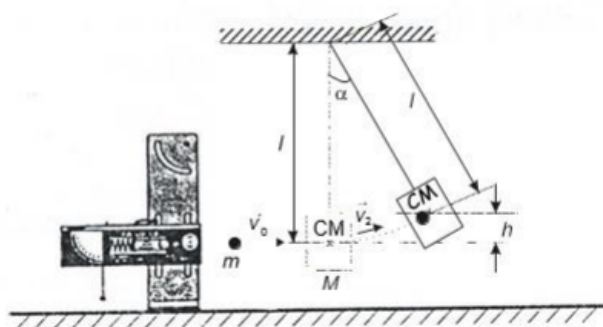


Figura 2.3: Esquema da montagem experimental C.

2.4 Número de medidas a efectuar

Parte A: Realizar cinco lançamentos consecutivos, registando os tempos obtidos em cada um deles. Com base nos dados recolhidos, calcular a média dos tempos e determinar o erro associado. Este procedimento permite uma análise mais fiável e reduz a influência de eventuais variações acidentais em cada medição individual.

Parte B: Repetir o experimento três vezes para cada ângulo de lançamento (30° , 34° , 38° , 40° e 43°). Para cada conjunto de três lançamentos, calcular a média dos alcances medidos. A partir destes resultados, identificar o ângulo de lançamento que corresponde ao alcance máximo, garantindo assim a análise precisa da relação entre o ângulo e o alcance.

Parte C: Efetuar cinco disparos do pêndulo balístico, medindo o ângulo máximo alcançado pelo pêndulo após cada colisão. Este procedimento assegura que os resultados obtidos são consistentes, permitindo calcular a média dos ângulos máximos e o respetivo erro associado.

2.5 Principais cuidados

Montagem: Assegurar que o lançador de projéteis está devidamente fixado e nivelado. Qualquer desalinhamento pode comprometer a precisão dos lançamentos, resultando em trajetórias inconsistentes. A estabilidade da montagem é, portanto, crucial para garantir resultados fiáveis.

Medidas: Verificar com rigor a exatidão das medições, especialmente a distância entre os sensores e a colocação do alvo durante a Parte B. Pequenas variações na disposição dos sensores ou na posição do alvo podem introduzir erros significativos nas medições do alcance e tempo de voo.

Repetição dos Lançamentos: Antes de cada lançamento, certificar-se de que todos os parâmetros estão devidamente ajustados. Isto inclui o ângulo de lançamento e a correta configuração dos sensores. Qualquer desvio nestes fatores pode afetar a qualidade dos dados recolhidos.

Pêndulo Balístico: Garantir que o pêndulo está solidamente fixado e que a colisão ocorre de forma centralizada. Desalinhamentos na colisão podem gerar resultados incorretos ao medir o ângulo máximo de oscilação, influenciando negativamente a análise subsequente.

Capítulo 3

Análise e Discussão

Neste capítulo serão apresentados todos os cálculos realizados e os dados recolhidos durante a atividade laboratorial. Além disso, será feita uma análise dos resultados obtidos, incluindo uma comparação entre os resultados experimentais e as previsões teóricas.

3.1 Parte A - Determinação da Velocidade Inicial

Inicialmente verificamos o tempo de passagem da esfera entre as duas células. Realizamos 5 medidas e, em seguida, calculamos a média das mesmas, sendo o respetivo erro de 0,0001s.

O tempo médio (Δt) foi calculado da seguinte forma:

$$\Delta t = \frac{0.0461 + 0.0444 + 0.0442 + 0.0458 + 0.0443}{5} \approx 0.0449400$$

Como a distância medida entre as duas células foi de 10 cm, a velocidade inicial v_0 pode ser calculada da seguinte forma:

$$v_0 = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (FormulaOriginal)$$

$$v_0 = \frac{0.1 \text{ m}}{0.0449 \text{ s}} \quad (Substituicao de Valores)$$

$$v_0 \approx 2.2270 \text{ m/s} \quad (Resultado Aproximado)$$

Com esse valor, obtivemos uma velocidade inicial de aproximadamente $v_0 \approx 2.2270 \text{ m/s}$, o que está de acordo com as previsões teóricas.

3.2 Parte B - Dependência do alcance com o ângulo de disparo

Os alcances médios para diferentes ângulos de disparo foram calculados da seguinte forma:

$$30^\circ : \theta = \frac{72.2 + 71.9 + 72.4}{3} \approx 72.17$$

$$34^\circ : \theta = \frac{72.2 + 73.1 + 72.9}{3} \approx 72.73$$

$$38^\circ : \theta = \frac{71.8 + 71.7 + 71.9}{3} \approx 71.80$$

$$40^\circ : \theta = \frac{71.4 + 71.5 + 71.4}{3} \approx 71.43$$

$$43 : \quad \theta = \frac{70.0 + 70.1 + 70.6}{3} \approx 70.23$$

Verificamos de acordo com os cálculos anteriores que dos 30º para os 34º o alcance aumentou (devido a possíveis erros experimentais). A partir daí, o alcance foi sempre diminuindo gradualmente, tal como esperado.

Os cálculos para θ_{max} foram realizados da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \theta_{max} &= \arctan \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2g\Delta y}{v_0^2}}} \right) \quad (FrmulaOriginal) \\ &= \arctan \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 9.80 \cdot 0.265}{(2.227)^2}}} \right) \quad (SubstituiemosValores) \\ &\approx 34.95^\circ \quad (Resultado) \end{aligned}$$

3.3 Parte C - O Pêndulo Balístico

Nesta parte da atividade laboratorial realizámos cinco lançamentos, calculando a média dos ângulos obtidos nos mesmos. Para calcular a massa da esfera, foi utilizada uma balança digital, sendo a incerteza da medida de massa de 0.1g.

$$\alpha = \frac{16.0 + 16.0 + 16.0 + 16.0 + 16.5}{5} \approx 15.90^\circ$$

Passando ao cálculo do valor da altura h , temos que:

$$\begin{aligned} h &= L(1 - \cos \alpha) \quad (FrmulaOriginal) \\ h &= 0.300 \times (1 - \cos(15.90^\circ)) \quad (Substituiodosvalores) \end{aligned}$$

$$h \approx 0.0115 \, m$$

$$h = 1.2 \, cm$$

Já o seu erro Δh pode ser calculado da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \Delta h &= \left| \frac{dh}{dL} \right| \Delta L + \left| \frac{dh}{d\alpha} \right| \Delta \alpha \\ \Delta h &= (1 - \cos(\alpha)) \Delta L + (L \cdot \sin(\alpha)) \Delta \alpha \\ \Delta h &= (1 - \cos(15.90^\circ)) \cdot 0.0005 + (0.300 \cdot \sin(15.90^\circ)) \cdot 0.090 \\ \Delta h &\approx 0.0022 \, m \end{aligned}$$

Posto isto, procedemos ao cálculo do valor da velocidade v_0 :

$$\frac{1}{2}v_0^2 = g \cdot h$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{m}{m+M} \right)^2 v_0^2 = g \cdot h$$

$$v_0 = \left(\frac{m+M}{m} \right) \sqrt{2gh}$$

Substituindo as variáveis, ficamos com:

$$v_0 = \left(\frac{0.065 + 0.265}{0.065} \right) \sqrt{2 \cdot 9.804 \cdot 0.0120}$$

$$v_0 = 2.46 \text{ m/s}$$

O erro Δv pode ser calculado da seguinte forma:

$$\Delta v = \left| \frac{\partial v_0}{\partial m} \right| \Delta m + \left| \frac{\partial v_0}{\partial M} \right| \Delta M + \left| \frac{\partial v_0}{\partial h} \right| \Delta h$$

Procedemos agora ao cálculo da diferença entre a velocidade inicial na parte A e na parte C:

$$Diferenca(\%) = \left(\frac{V_{Maior} - V_{Menor}}{V_{Menor}} \right) \times 100$$

$$Diferenca(\%) = \left(\frac{2.46 - 2.23}{2.23} \right) \times 100$$

$$Diferenca(\%) = 10.31\%$$

Assim sendo, podemos concluir que v_0 da Parte C é 10.31% maior que v_0 da Parte A.

Capítulo 4

Conclusões

Ao realizar esta atividade laboratorial, foi-nos possível aplicar os conceitos teóricos do lançamento de projéteis, o que nos permitiu observar de forma prática os efeitos dos diferentes ângulos de lançamento e da velocidade na trajetória do projétil. Além disso, a prática com os instrumentos de medição contribuiu para melhorar a nossa competência nessa área. Assim, concluímos que a precisão e consistência nas medições são essenciais para obter resultados fiáveis e interpretar corretamente os fenómenos estudados.

Capítulo 5

Anexos

5.1 Anexos

Esta seção introduz o contexto do trabalho e os objetivos das medições realizadas.

5.1.1 Resultados Experimentais - Parte A

Medição	Valor
Tempo 1	0,0461 s
Tempo 2	0,0444 s
Tempo 3	0,0442 s
Tempo 4	0,0458 s
Tempo 5	0,0443 s
Tempo Médio	0,04496 s
Velocidade Inicial Média	0,4496 m/s

Tabela 5.1: Resultados da Parte A

5.1.2 Resultados Experimentais - Parte B

Ângulo (°)	Média dos Alcances (m)
30	0,7217
34	0,7273
38	0,7180
40	0,7143
43	0,7023
Altura Inicial	0,2650 m

Tabela 5.2: Resultados da Parte B

Curva Ajustada (Polinomial): Relação entre Ângulo e Média dos Alcances

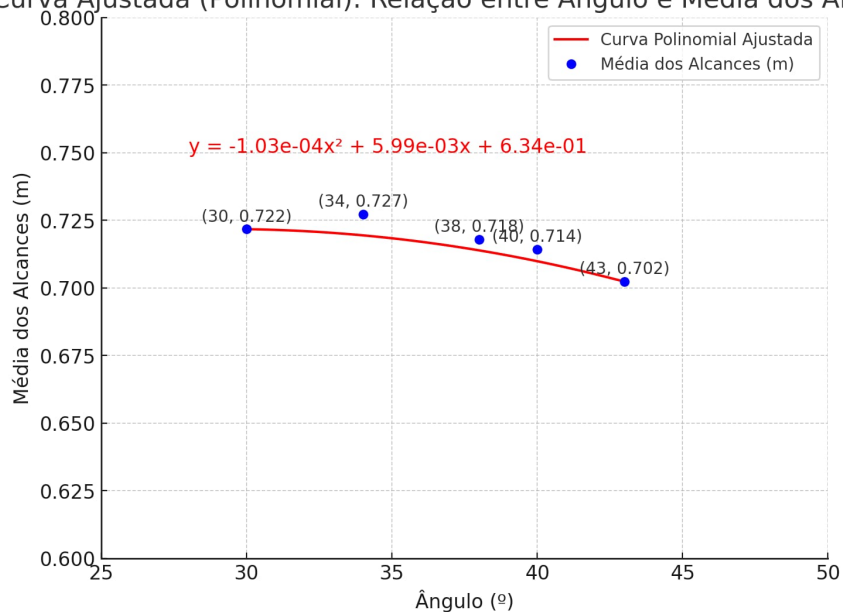


Figura 5.1: Gráfico da Relação entre Ângulo e Alcance

5.1.3 Resultados Experimentais - Parte C

Parâmetro	Valor
1	16 ^o
2	16 ^o
3	16 ^o
4	16 ^o
5	15,5 ^o
Média dos Ângulos	15,875 ^o
Altura Média	0,012 m
Massa do Projétil	0,0650 kg
Massa do Pêndulo	0,2650 kg

Tabela 5.3: Resultados da Parte C

Medida	Valor	Erro
1	10	0.1
2	15	0.2

Tabela 5.4: Dados experimentais coletados.