Trabalho 2: Movimento de Projéteis

Departamento de eletrónica, telecomunicações e informática

Universidade de Aveiro

João Diogo Videira Oliveira

(93295) [jdvoliveira@ua.pt](mailto:jdvoliveira@ua.pt)

Miguel Gomes Nogueira

(93082) [miguel.nogueira@ua.pt](mailto:miguel.nogueira@ua.pt)

Pedro da Silva Loureiro

(92953) psloureiro@ua.pt

Outubro de 2019



Sumário

Os objetivos deste trabalho são: obter a velocidade inicial de um projétil através de duas maneiras diferentes: com um sensor e com um pêndulo balístico e avaliar a exatidão e precisão destes cálculos e verificar a dependência entre o ângulo de lançamento (em relação à direção horizontal) e o alcance do projétil. Para demonstrar isto teremos que medir a distância e o tempo que o projétil demora entre 2 sensores horizontalmente.

Após concluirmos esta experiência, concordamos que os resultados obtidos foram muito satisfatórios já que obtivemos uma boa exatidão demonstrada pelo erro percentual inferior a 5% calculado na Parte C. Já a precisão não foi a melhor dado que deu cerca de 24%. Apesar disso, achamos que os resultados obtidos não ficaram muito aquém do previsto.

Introdução Teórica

Um projétil, por definição, é um corpo sujeito apenas à ação da força gravítica () e da resistência do ar. Nesta prática laboratorial, e no estudo desta disciplina, apenas consideramos projéteis de tamanho reduzido, com velocidades relativamente baixas, desprezando a resistência do ar, e ao mesmo tempo lançamo-los junto da superfície terreste de modo a considerar constante a aceleração gravítica e com o valor de 9.8m/s2.

Nesta prática estudamos, inicialmente, o lançamento horizontal do projétil e posteriormente ao lançamento oblíquo variando sucessivamente o ângulo de lançamento. Não interessa neste trabalho abordar diretamente este tipo de lançamento porque é apenas para calcular a velocidade inicial do projétil. Quanto ao lançamento oblíquo, o corpo possui uma velocidade inicial de ângulo (0-téta) em relação à direção horizontal, descreve um movimento parabólico e é caracterizado pelas seguintes equações do movimento:

𝑥 = 𝑥0 + (𝑣0 cos(𝜃0)) 𝑡

𝑦 = 𝑦0 + (𝑣0 sin(𝜃0))𝑡 − 𝑔t2

Seguidamente nesta prática, pretendemos provar a seguinte expressão para obter a velocidade inicial do projétil:

𝑣0 = (𝑚+𝑀\*𝑚)

(m – massa do projétil, M – massa do pêndulo balístico, h – altura máxima que o pêndulo atinge) que provém das fórmulas do momento linear e variação da energia cinética e potencial.

Procedimento experimental

**Parte A:**

Primeiramente, efetuar a montagem do lançador de projéteis:

* Fixar a base do LP e colocá-lo na horizontal
* Ligar o sistema de controlo e garantir que o sensor de tempo está à saída do LP

Seguidamente, medir a distância entre os sensores e carregar o LP na posição de “SHORT RANGE”. Desta forma permite ter um alcance mais baixo, facilitando assim os cálculos. Empurrar a bola com a vareta de carregar até o indicador se encontrar na posição correta de lançamento.

A seguir, colocar o sistema de controlo no modo “TWO GATES”. Carregar em START/STOP e disparar a bola, puxando o fio verticalmente e suavemente. Registar o tempo indicado no sistema de controlo.

**Repetir os passos 5 vezes** e verificar sempre a horizontalidade do LP.

**Parte B:**

Primeiramente, efetuar a montagem do lançador de projéteis:

* Fixar a base do LP e colocá-lo com um ângulo de 30o
* Colocar o papel milimétrico a uma distância, tal que a bola, atinja a sua superfície

Seguidamente, carregar o LP na posição de “SHORT RANGE. Empurrar a bola com a vareta de carregar até o indicador se encontrar na posição correta de lançamento.

A seguir, disparar a bola, puxando o fio verticalmente e suavemente. Registar o alcance com a fita métrica e o ângulo de lançamento (θ).

**Repetir os passos 2 vezes** e verificar se o ângulo de lançamento se mantém constante.

Por fim, **repetir para os ângulos 34o e 50o, identificar o número de valores necessários para os ângulos bem como o respetivo incremento angular** e depois meça a altura a que a esfera é lançada.

**Parte C:**

Primeiramente, medir a massa do projétil (m), e do pêndulo (M), assim como o comprimento do pêndulo (l).

A seguir, carregar o LP na posição “SHORT RANGE”.

Por fim, efetuar um disparo e medir o ângulo máximo (α), descrito pelo pêndulo e **repetir mais 4 vezes**.

Apresentação e Análise de Resultados

**Parte A:**

Para 00 no lançamento:

1. t = (0,0436 ± 0,0001) segundos
2. t = (0,0440 ± 0,0001) segundos
3. t = (0,0441 ± 0,0001) segundos
4. t = (0,0439 ± 0,0001) segundos
5. t = (0,0440 ± 0,0001) segundos

t = (0,0439 ± 0,0003) segundos

= 0.6834%

A partir dos valores anteriores e a distância entre os dois sensores (x = 0,1 metros), calculámos a velocidade inicial (v0) e o respetivo erro (v0):

V0 = = ≈ 2,277 m/s

v0 = x + t = x + t = 0.0269 m/s

As fontes de erro foram:

* Má medição da distância dos sensores
* Resistência do ar
* Atrito no lançador de projeteis

Após uma discussão de grupo concluímos que a maior fonte de erro é a medição dos tempos nos sensores.

Para melhorar os resultados obtidos, deveríamos realizar mais ensaios.

**Parte B:**

Para 300 no lançamento:

1. x = (72,10 ± 0,05) centímetros
2. x = (71,50 ± 0,05) centímetros
3. x = (72,70 ± 0,05) centímetros
4. x = (72,40 ± 0,05) centímetros
5. x = (72,50 ± 0,05) centímetros

= 0,7224 ± 5\*10-4 (metros)

Para 340 no lançamento:

1. x = (72,30 ± 0,05) centímetros
2. x = (72,90 ± 0,05) centímetros
3. x = (73,40 ± 0,05) centímetros

= 0,7287 ± 5\*10-4 (metros)

Para 400 no lançamento:

1. x = (71,80 ± 0,05) centímetros
2. x = (71,50 ± 0,05) centímetros
3. x = (71,40 ± 0,05) centímetros

= 0,7157 ± 5\*10-4 (metros)

Para 450 no lançamento:

1. x = (69,90 ± 0,05) centímetros
2. x = (69,20 ± 0,05) centímetros
3. x = (69,90 ± 0,05) centímetros

= 0,6967 ± 5\*10-4 (metros)

Para 500 no lançamento:

1. x = (67,40 ± 0,05) centímetros
2. x = (66,60 ± 0,05) centímetros
3. x = (67,60 ± 0,05) centímetros

= 0,6720 ± 5\*10-4 (metros)

Pode-se verificar que o alcance aumenta consoante o ângulo, no entanto, a partir de um certo ângulo (θmax) o alcance volta a diminuir.

θmax = = 35,21o

Verificamos que os resultados experimentais coincidem com o cálculo obtido teoricamente do 𝜃max. Este resultado obtido foi de 35,21o e verificamos que a parábola do nosso gráfico atinge o pico à volta dos 34o, que é o valor esperado.

**Parte C:**

Massa do pendulo (mpêndulo) = 237,65 kg

Comprimento do pendulo (l) = 32,0 centímetros

Medições dos ângulos do pêndulo:

1. α = 19,0o
2. α = 18,7o
3. α = 20,0o
4. α = 19,5o
5. α = 19,6o

α = (19,36 ± 0,66)o

Δα = = 3,4%

Para calcular a altura que o pêndulo subiu (h):

cos(θ) = ⬄ h = l – l \* cos(θ) ⬄ h = 0,181 metros

Δh = (1 - cos(θ)) \* Δl + l \* sin(θ) \* Δθ = 0,0237 metros

v0 = m + M + h

= \* \* m + \* \*M + + \* h

= 1,845 m/s

Nesta parte a maior fonte de erro que obtivemos pode ter sido, na sua maioria, erros do pêndulo. Desde má calibração do pêndulo e o atrito do pêndulo achamos que foram os maiores causadores de erros experimentais, mas não descartamos o facto de termos medido mal a massa e altura do pêndulo.

A exatidão dos nossos resultados dos ângulos foi boa já que o erro destes foi de apenas 3,4%, já a precisão foi relativamente insatisfatória sendo o erro em relação à velocidade obtida na parte A foi de 24.7%.

Discussão e conclusão

Neste trabalho experimental, os objetivos foram conseguidos visto que obtivemos um gráfico que relata o que esperávamos teoricamente em relação ao alcance máximo em função do ângulo. Em relação à velocidade obtida através do pêndulo balístico, concluímos que, conforme a precisão obtida, não foi o previsto já que o erro percentual foi cerca de 24,7%.

Para melhorar os resultados obtidos, poderíamos ter efetuado mais medições para aumentar a precisão, já que a exatidão foi boa!

Contribuição individual

**João Oliveira:** relatório + medição + análise (parte A)

**Miguel Nogueira:** medição + análise

**Pedro Loureiro (coordenador):** medição + análise

Apesar da separação, houve uma entreajuda entre todos os membros do grupo em todas as partes do trabalho.