

**Unidade Curricular: Mecânica e Campo Eletromagnético (MCE)**

Ano Letivo 2022/23

**Trabalho – Movimento de Projéteis**

**Relatório**

Guilherme Santos, João Gaspar

107961, 107708

Grupo: 4

Turma: PL6

20/10/2022

**Sumário**

Este relatório pretende aprofundar o nosso conhecimento sobre os conteúdos relativos à Cinemática, mais especificamente, ao lançamento oblíquo. Esperamos também, aprender/recordar as fórmulas do movimento de um projétil como por exemplo, posição do projétil, alcance máximo, etc. Apenas através da observação e análise comportamental do projétil durante o seu lançamento seremos capazes de calcular o valor da velocidade inicial através das equações do movimento (Parte A), de analisar como o alcance varia de acordo com a variação do ângulo de lançamento (Parte B) e por fim determinar novamente a velocidade inicial do projétil, porém utilizando um pêndulo balístico (Parte C).

1. **Introdução Teórica**

A posição de um projétil, de massa M e velocidade inicial , que se desloca no plano *x, y* é dada por:

onde *g* é a aceleração da gravidade, *t* é o tempo, e são as coordenadas da posição inicial do projétil e é a inclinação do vetor velocidade inicial relativamente ao eixo dos *x*. Eliminando a variável *t* das equações, obtém-se uma nova equação para o alcance x em função do ângulo que permite determinar o ângulo correspondente ao alcance máximo, . Se um corpo é lançado de uma altura e atinge uma altura final , é dado por:

Se o valor da altura inicial for igual ao da altura final ( = ) então,pelo que .

**Pêndulo Balístico:**

O pêndulo balístico consiste numa massa *M* suspensa de um fio ou uma barra. Se um projétil de massa m (*m*<<*M*) for disparado contra a massa *M* e nela ficar retido, então o conjunto adquire energia cinética, , que, à medida que o pêndulo se move, vai sendo transformada em energia potencial gravítica, . A altura máxima, *h*, atingida será tal que a energia potencial gravítica máxima iguala a energia cinética inicial, devido à conservação da energia mecânica. Considerando a velocidade inicial do projétil e a velocidade do conjunto massa + projétil, logo após a colisão, obtém-se:

A conservação de momento linear na colisão implica que:

de onde se tira a relação entre a velocidade inicial e a altura *h:*

1. **Procedimento experimental**
   1. Parte A

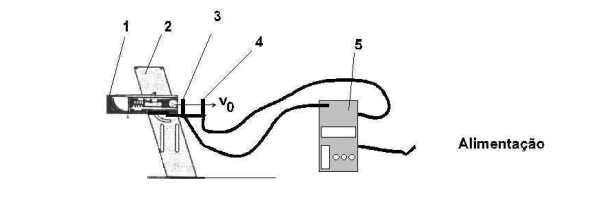
Na primeira parte deste trabalho, nós queremos determinar a velocidade inicial de uma esfera metálica. Para isso, usamos lançador de projeteis (1) na posição horizontal. Fixamos a base de fixação (2) à mesa com um grampo adequado e colocamos o sensor de passagem inicial (3) na saída do lançador de projeteis e o sensor de passagem inicial (4) mais à frente do sensor de passagem inicial. Ligamos os dois sensores de passagem (3) e (4) ao sistema de controlo (5), cujo deve estar ligado à fonte de alimentação e encontrado desligado.

Antes de iniciar o experimento, deve-se medir a distância entre os dois sensores de movimento (3) e (4), s, que será usado para o cálculo da velocidade.

Para iniciar o experimento deve-se colocar o lançador de projeteis (1) na posição de tiro curto, “SHORT RANGE” e inserir a esfera na boca do lançador de projeteis (1) e empurrá-la para o interior com a ajuda da vareta de carregar até ao indicar amarelo do lançador de projeteis (1). Deve-se também ligar o sistema de controlo (5) e colocá-lo na posição de “TWO GATES”.

Para realizar o experimento, devemos disparar o lançador (1) puxando o fio dispensador com suavidade e registar o tempo indicado pelo sistema de controlo (5). Para manter uma precisão nos cálculos, deve-se realizar este experimento num total de 3 vezes.

Durante o experimento devemos ter o cuidado de verificar se o lançador de projeteis (1) se mantém na horizontal, e se a distância entre os sensores se mantém constante.



* 1. Parte B

Na segunda parte do experimento, nós queremos analisar a dependência do alcance com o ângulo de disparo. Para isso, usamos o lançador de projeteis (1) em diferentes posições com diferentes ângulos. Fixamos a base de fixação (2) à mesa com um grampo adequado e colocamos inicialmente o lançador de projeteis (1) a fazer um ângulo de 30° com a horizontal. Colocamos o alvo (3) a uma distância tal que a esfera caia sobre a sua superfície. Carregamos o lançador de projeteis (1) na posição de tiro curto, “SHORT RANGE”, com a esfera e disparamo-lo.

Registamos o alcance entre a projeção da posição inicial da esfera na superfície e a posição marcada no alvo pela bola, x, e registamos o ângulo de lançamento, θ. Devemos disparar a bola com o mesmo ângulo num total de 3 vezes.

Para analisar a dependência do alcance com o ângulo de disparo, devemos repetir os passos anteriores para os ângulos 34°, 38°, 40° e 43°.

Para determinar a altura inicial da esfera, yi, deve-se medir rigorosamente em relação à bancada a que a esfera é lançada.

Durante o experimento devemos ter o cuidado de verificar se o ângulo de lançamento se mantém constante.

Uma imagem com texto, barco, linha

Descrição gerada automaticamente

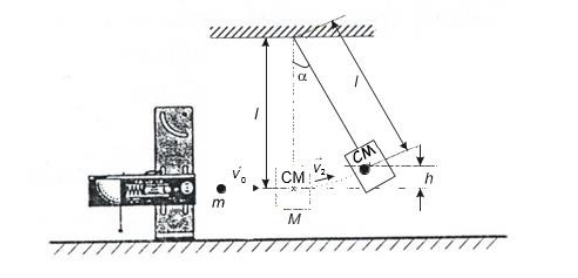
* 1. Parte C

Na terceira e última parte do experimento, queremos determinar a velocidade inicial de um projétil com um método alternativo. Para isso, devemos fixar a base de fixação à mesa com um grampo adequado e colocar o lançador de projeteis à frente do pêndulo.

Antes de iniciar o experimento deve-se medir as massas do projétil, m, e do pêndulo, M, e medir o comprimento do pêndulo, I.

Para realizar o experimento, devemos carregar o lançador de projeteis na posição de tiro curto, “SHORT RANGE”, efetuar o disparo e medir o ângulo máximo, α, descrito pelo pêndulo. Para manter uma precisão nos cálculos, deve-se realizar este experimento num total de 5 vezes.

Um dos cuidados a ter neste experimento é verificar o ângulo marcado pelo pêndulo na posição inicial, pois caso este não seja 0, terá de ser descontado no ângulo máximo obtido.



**3.Apresentação de Resultados**

* 1. Parte A – Determinação da velocidade inicial

Primeiramente, começámos por medir a distância, *s*, entre os sensores e obtivemos o valor de 0,099 metros. O erro, foi obtido através do valor da menor divisão do instrumento utilizado, neste caso uma fita métrica, normalmente é metade do valor da menor divisão, mas como usámos dois sensores é necessária a multiplicação desse valor por 2. Obtivemos = 0,001 metros. Calculámos também a média das distâncias visto que fizemos 3 medições, o desvio e a incerteza.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Distância | | | | |
| L (m) | (m) | média L (m) | Desvio (m) | Incerteza (m) | |
| 0,099 | 0,001 | 0,0993 | 0,0003 | 0,0007 | |
| 0,099 | 0,0003 |
| 0,100 | 0,0007 |

De seguida e após a acertada colocação do projétil no lançador de projéteis, é feito o seu lançamento e a leitura dos valores obtidos pelo sistema de controlo dos sensores. Os seguintes tempos, *t*, são respetivos do ângulo . O erro associado ao tempo, , é dado por segundos (vindo da menor divisão do instrumento de medida).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Tempo | | | | |
| t (s) | (s) | média t (s) | desvio (s) | Incerteza t (s) | |
| 0,0458 | 0,00005 | 0,0457 | 0,0001 | 0,0004 | |
| 0,0453 | 0,0004 |
| 0,0459 | 0,0002 |

* 1. Parte B – Dependência do alcance com o ângulo de disparo

Nesta parte foram realizadas medições para a obtenção do alcance para os diferentes ângulos de lançamento, , associados e foi feita a medição da altura, em que o projétil é lançado.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ângulo () | Distância (m) | | |
|  | 0,748 | 0,745 | 0,753 |
|  | 0,755 | 0,757 | 0,753 |
|  | 0,754 | 0,753 | 0,752 |
|  | 0,753 | 0,752 | 0,753 |
|  | 0,743 | 0,742 | 0,744 |

* 1. Parte C – Pêndulo Balístico: Método alternativo para determinação da velocidade inicial de um projétil

Nesta última parte, começámos por medir a massa do projétil, m = 63,5 ± 0,1 gramas, a massa do pêndulo balístico, M = 263,5 ± 0,1 g e o seu comprimento também, comprimento = 0,351 ± 0,001 centímetros (erro provindo da menor divisão da escala do instrumento de medida, neste caso a balança). Após 5 disparos, foram obtidos os valores apresentados na tabela seguinte.

|  |
| --- |
| Ângulo Máximo |
| () |
| 16 |
| 16,5 |
| 15,5 |
| 15,5 |
| 15,5 |

1. **Análise de Resultados**
   1. Parte A - Determinação da velocidade inicial

Na primeira parte do experimento foi calculada a média da distância, L, e a média do tempo, t:

Com estes dados, consegue-se calcular a velocidade inicial média, V:

Para calcular a incerteza da distância, fizemos as seguintes operações:

Para calcular a incerteza do tempo, fizemos as seguintes operações:

Para calcular o erro da velocidade, fizemos a seguinte operação:

E para calcular a precisão de V, fizemos a seguinte operação:

* 1. Parte B - Dependência do alcance com o ângulo de disparo

Para calcular a média da distância, x, de cada ângulo, θ, fizemos as seguintes operações:

Para calcular a incerteza e o desvio de cada ângulo fizemos as seguintes operações:

* 1. Parte C - O Pêndulo Balístico

Inicialmente calculou-se a média dos ângulos registados:

Calculámos também os desvios:

= 0,2758 radianos

= 0,2793 radianos

= 0,0035

Para calcular a altura, *h*, fizemos:

Agora, calculámos o erro associado onde :

(m)

h = 0,0133 +- 0,00035

Para concluir, falta apenas calcular o valor da velocidade inicial e o erro associado a esta velocidade. Vamos então utilizar uma fórmula e utilizamos os valores, , e, para terminar, , então:

1. **Conclusão**

Neste trabalho laboratorial, conseguimos calcular a velocidade inicial da esfera metálica quando esta é lançada na horizonta, que de acordo com a parte A, nos deu o valor . Conseguimos analisar a dependência do alcance com o ângulo de disparo, pela parte B, onde analisamos que o angulo máximo é aproximadamente . Por último calculamos a velocidade inicial de um projétil com a utilização de um pêndulo, na parte C.

Este trabalho foi realizado 50%/50% pelos dois autores.