

Experimento A2 Lançamento de Projéteis

INTRODUÇÃO

O movimento de um projétil lançado de forma oblíqua é bidimensional. Este movimento pode ser analisado nas direções x e y separadamente, ou seja, dois movimentos unidimensionais independentes. Se nenhuma força dissipativa for considerada, podemos dizer que o movimento é constante na horizontal e acelerado na vertical, com aceleração igual à aceleração da gravidade local. Escolhendo de forma adequada o sistema de coordenadas, podemos escrever as equações que regem o movimento na horizontal e na vertical:

- Horizontal:

$$x = x_0 + v_x t \quad (1.1)$$

$$v_x = v_{0x} = \text{constante} \quad (1.2)$$

- Vertical:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2 \quad (1.3)$$

$$v_y = v_{0y} + a_y t \quad (1.4)$$

$$a = -g \quad (1.5)$$

A combinação destas equações nos permite encontrar o alcance horizontal R , dado por:

$$R = \frac{v_0^2 \text{sen}(2\theta)}{g} \quad (1.6)$$

em que v_0 é a velocidade inicial em que projétil foi lançado e θ é o ângulo de lançamento.

1 - OBJETIVOS

- Estudar o movimento de projéteis.
- Verificar que para dois ângulos diferentes é possível obter o mesmo alcance.
- Fazer a linearização do gráfico $R \times \text{sen}(2\theta)$ para a obtenção da velocidade inicial do projétil.

MATERIAIS UTILIZADOS

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| (i) Canhão de Lançamento; | (v) Folhas de papel branco; |
| (ii) Mesa Aparadora; | (vi) Compasso; |
| (iii) Esfera de aço; | (vii) Régua; |
| (iv) Folhas de papel carbono; | (viii) Trena. |

ANTES DA AULA

Recomenda-se a leitura de pelo menos umas das referências abaixo, que apresenta as discussões sobre os dois tipos de movimento que serão explorados nesta atividade experimental.

- ✓ HALLIDAY, RESNICK & WALKER, **Fundamentos de Física**, Vol. 1, 10^a edição, LTC.
- ✓ SEARS, ZEMANSKY, YOUNG, **Física 1, Mecânica**, Vol. 1, 12^a LTC.
- ✓ Livro de Atividades Experimentais, CIDEPE.

Em seguida, responda as perguntas abaixo. Elas deverão ser apresentadas ao professor antes de iniciar a aula. **Atenção:** A não apresentação das respostas poderá impedir o aluno de participar da aula.

Questão 1) A partir das equações que regem o movimento do projétil dadas acima, demonstre a expressão para o alcance horizontal $R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$. Qual é a unidade de R ? Faça uma análise dimensional.

Questão 2) (a) O que caracteriza os ângulos equivalentes no caso do lançamento de um projétil? (b) Para qual ângulo obtêm-se o maior deslocamento? Por que? (c) Por que não é necessário fazer os experimentos para ângulos inferiores a 45°? Qual seria a diferença do movimento do projétil se os valores tomados de ângulos de disparos fossem 30°, 35°, 40° e 45°?

Questão 3) O lançamento de projéteis é um movimento bidimensional, e pode ser estudado pela associação de dois movimentos unidimensionais. Qual a diferença entre o movimento horizontal e vertical?

Questão 4) Esboce um gráfico da posição, velocidade e aceleração em função do tempo para os movimentos na horizontal e vertical. Discuta o significado da inclinação da reta no gráfico $S \times t$ e $v \times t$; e qual o significado da área definida pelo gráfico de $v \times t$;

Questão 5) O lançamento oblíquo corresponde a uma parábola. Isole o tempo na equação [1] e substitua na equação [3], prove que o comportamento da altura y em função do deslocamento horizontal x , pode ser expresso pela equação da parábola

DURANTE A AULA

Para a execução do experimento, siga o passo a passo descrito no procedimento experimental a seguir:

→ ORIENTAÇÕES

- i. Evite olhar dentro do canhão disparador. Cuidado ao disparar o canhão para que a bolinha de aço não acerte seu colega/monitor/professor;
- ii. Cuidado para não girar e desregular o gatilho durante o experimento;
- iii. Execute o disparo sempre aplicando a menor força possível para desencatilhar o disparador;
- iv. Monte o sistema “canhão e plataforma” como indicado Figura 1 abaixo.
- v. Certifique-se de que o sistema esteja nivelado. Para isso, coloque a esfera na boca do disparador e verifique se ela permanece parada; Sempre que for efetuar algum disparo a

altura do centro da esfera deve ser igual à da base inferior da plataforma ($H_1 = H_2$, Ver Figura 1).

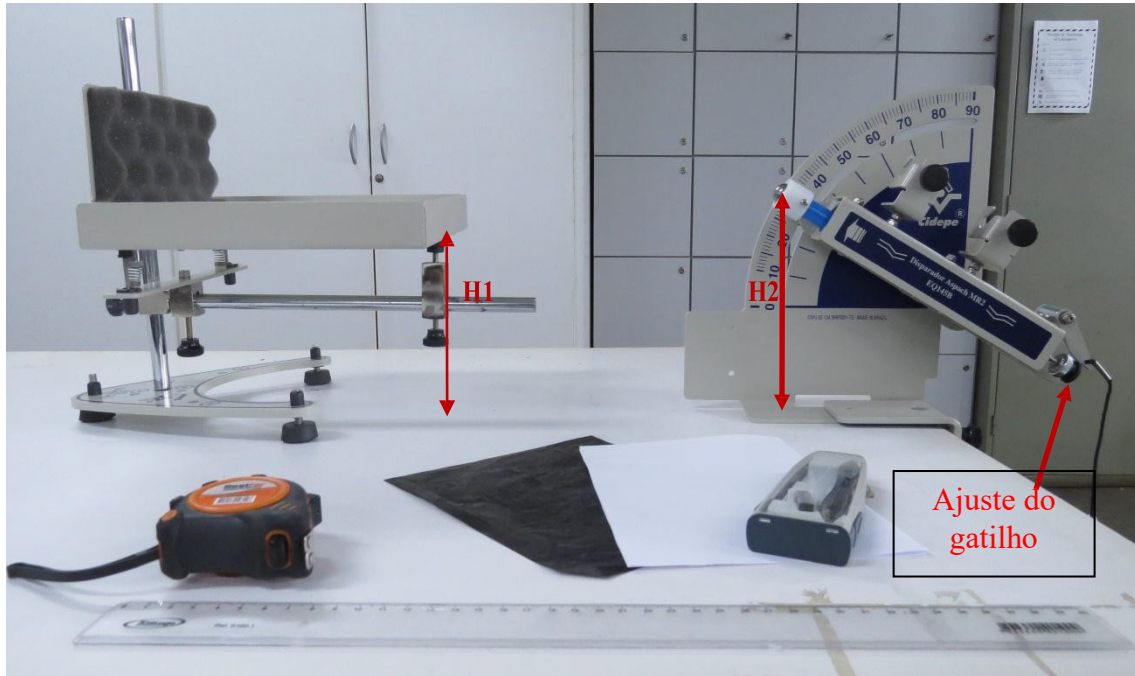


Figura 1 - Montagem do canhão e plataforma de amparo

- vi. CALIBRAÇÃO DO SISTEMA - O canhão disparador pode se inclinar formando diferentes ângulos com a horizontal. Ajuste o canhão disparador para fazer um ângulo de 45° com a horizontal e garanta que $H_1 = H_2$. Posicione a plataforma na extremidade oposta ao canhão e faça um disparo. Gire delicadamente o “AJUSTE DO GATILHO” até alcançar a tensão adequada para acertar vários disparos na plataforma.
- vii. Sempre que “ENGATILHAR” o sistema tome cuidado para não modificar o “AJUSTE DO GATILHO”!
- viii. Sobre a mesa aparadora coloque uma folha de papel A4 e em seguida uma folha de papel carbono.
- ix. Faça um disparo e verifique as marcas geradas pela esfera de aço na folha A4 ao “quicar” sobre a plataforma. Intérprete estas marcas para escolher o local da queda do projétil. Faça uma marcação sobre este local para o diferenciar dos demais (círculo, quadrado, cruz, ponto...) e cubra novamente a plataforma com PAPEL CARBONO. Repita este procedimento 5 (cinco) vezes e faça a mesma marcação sobre o local de queda do projétil para cada disparo.
- x. Sem mover a PLATAFORMA e o PAPEL BRANCO, utilize um compasso para desenhar o menor círculo que contenha, em seu interior, as cinco marcas produzidas pelos disparos. Meça o raio r_c deste círculo e meça a distância x_c , que corresponde a distância do centro do círculo a boca do canhão disparador. A distância x_c é o alcance horizontal, x , e a medida de r_c fornecerá a imprecisão máxima do alcance representando a incerteza nesse experimento. Assim, o alcance horizontal será dado por $x = x_c \pm r_c$; registre estes valores na Tabela 1.

- xi. Refaça os procedimentos (vii), (viii), (ix) e (x) para os ângulos de inclinação 45° , 50° , 55° , 60° , 65° , 70° , 75° e 80° do disparador. Tente utilizar o mesmo “papel branco” para os disparos com inclinações diferentes. Faça marcações diferentes para os sinais induzidos pela queda do projétil em cada inclinação. Comente qualquer surpresa constatada em relatório.

APÓS A AULA

Após a coleta de dados, deve-se escrever o relatório. Inicie as atividades a seguir, caso sobre tempo na aula. A escrita do relatório deve ser feita seguindo o modelo disponibilizado no **AVA da disciplina**. No tópico de **Análises e Discussões** do seu relatório, você deve responder e discutir os seguintes pontos:

- (i) As marcas deixadas pelos lançamentos não são coincidentes. Por que ocorre essa dispersão?
- (ii) Com os dados da Tabela 1 faça um gráfico do alcance horizontal em função do $\sin(2\theta)$. Trace a curva que melhor se ajuste a esses pontos;
- (iii) Obtenha os coeficientes linear e angular e suas respectivas incertezas. Discuta o significado físicos do valor desses coeficientes;
- (iv) A partir dos dados obtidos anteriormente calcule a velocidade de disparo e sua incerteza. Use o valor da aceleração da gravidade $(9,8 \pm 0,1) \text{ m/s}^2$;
- (v) A altura varia em função do ângulo de lançamento do projétil. Usando as equações do movimento demonstre para que ângulo de lançamento a esfera deverá atingir a máxima altura nas condições do experimento realizado.
- (vi) Usando a expressão 03 ou 04 acima, encontre a equação que calcula o tempo de voo da esfera. Em seguida, calcule o tempo de voo para cada um dos lançamentos realizados.
- (vii) Discuta a relação que existe entre o tempo de voo e a altura máxima atingida pela esfera.

