



Roteiro de experimento

Experimento de Lançamento de projéteis

Este experimento consiste em demonstrar o fenômeno físico envolvendo o movimento de corpos em duas dimensões quando lançados como projéteis com uma dada velocidade de lançamento v_0 e com ângulo de lançamento θ_0 . As equações que descrevem o movimento do projétil são dadas em termos de $x(t)$ e $y(t)$ na forma:

$$x(t) = x_0 + v_{0x}t \quad y(t) = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$$

Ao término desta atividade, o aluno deverá ter competência para:

- Reconhecer os movimentos retilíneos uniforme (MRU) e uniformemente variado (MRUV);
- Comparar o MRU com o movimento horizontal do projétil;
- Comparar o MRUV com o movimento de queda livre do projétil;
- Concluir que os movimentos de MRU e MRUV combinados descrevem a trajetória do projétil;
- Determinar o alcance R do projétil em função do ângulo de lançamento;
- Determinar a velocidade de lançamento em termos do tempo de voo do projétil;
- Determinar as equações horárias para a trajetória do projétil;
- Determinar a altura máxima H da trajetória do projétil em termos do ângulo de lançamento.

Material

Para realizar o experimento você receberá o seguinte conjunto de equipamentos:

- Um projétil;
- Um disparador com gatilho;
- Dois sensores fotoelétricos;
- Cronômetro digital;
- Base de chegada;
- Papel carbono;
- Paquímetro e trena.

Andamento das atividades

Você receberá material montado para averiguar o movimento de queda livre. Prepare o experimento seguindo os passos a seguir:

1. Determine o número de medidas de tempo que serão realizadas para cada ângulo de lançamento (10);
2. Determine a posição inicial do projétil na saída do disparador ($y_0 = 0$ m) e a posição da base de chegada, a qual define a posição de alcance R para o ângulo de lançamento;
3. Ligue o cronômetro digital;
4. O tempo de voo será medido entre a saída do projétil do disparador até sua chegada na base de chegada;

5. O projétil irá marcar o papel carbono situado na base de chegada definindo a posição ($x = R$ e $y = 0$ m) de chegada;
6. Zerar o cronômetro e efetuar outro lançamento;
7. As marcações no papel carbono servirão de referência para o alcance do projétil: meça-as com a trena a partir da posição inicial do projétil na saída do disparador;
8. Após efetuar 10 medidas: (i) substitua o papel carbono, (ii) altere o ângulo de lançamento e (iii) redefina a posição da base de chegada;
9. Efetue outras 10 medidas para o novo ângulo de lançamento;
10. Após o término das medidas, realize as aferições dos dados.

Realização do experimento

1. Defina o ângulo de lançamento para 45° e posicione a base de chegada **sem o papel carbono** após efetuar alguns lançamentos-teste;
2. Verifique a posição do gatilho para assegurar sempre a mesma posição do mesmo nos lançamentos;
3. Ajuste a altura da base de chegada com a saída do projétil do lançador;
4. Faça alguns lançamentos-teste para alinhar os sensores fotoelétricos para a medida de tempo de voo do projétil;
5. Dobre o papel carbono de forma a cobrir o fundo da base de chegada para a marcação da posição de chegada do projétil;
6. Faça 10 lançamentos do projétil preenchendo a Tabela 1, assinalando com um lápis a marcação no papel carbono;
7. Após efetuar as 10 medidas, meça as distâncias da saída do disparador até as posições marcadas no papel carbono, preenchendo a Tabela 1;
8. Retire o papel carbono e altere o ângulo de lançamento para 60° ;
9. Avalie novamente a posição da base de chegada com alguns lançamentos-teste para o referido ângulo de lançamento;
10. Coloque um novo papel carbono no fundo da base de chegada e efetue 10 medidas de tempo de voo, assinalando com um lápis as posições de chegada do projétil no papel carbono;
11. Terminadas as 10 medidas, meça as distâncias da saída do disparador até as posições marcadas no papel carbono, preenchendo a Tabela 1;
12. Retire o papel carbono e altere o ângulo de lançamento para 30° ;
13. Avalie novamente a posição da base de chegada com alguns lançamentos-teste para o referido ângulo de lançamento;
14. Coloque um novo papel carbono no fundo da base de chegada e efetue 10 medidas de tempo de voo, assinalando com um lápis as posições de chegada do projétil no papel carbono;
15. Terminadas as 10 medidas, meça as distâncias da saída do disparador até as posições marcadas no papel carbono, preenchendo a Tabela 1;
16. Finalizadas todas as medidas, calcule os valores médios de x e t para cada ângulo de lançamento e calcule os desvios percentuais de cada medida preenchendo a Tabela 2.

Tarefas

1. Escreva o valor mais provável para o alcance R , o tempo de voo t e a velocidade de lançamento v_0 para cada um dos três ângulos de lançamento;
2. Determine as equações horárias para os movimentos nos eixos x e y utilizando para a aceleração gravitacional o valor definido no experimento de queda livre: $g = 9,79 \text{ m/s}^2$;
3. Faça o gráfico de $x(t)$ versus t para cada ângulo de lançamento, lembrando que as curvas devem partir de $t = 0 \text{ s}$ até o valor médio do tempo de voo medido no experimento;
4. Faça gráfico de v_y versus t para cada ângulo de lançamento;
5. Faça gráfico de $y(t)$ versus t para cada ângulo de lançamento, indicando uma barra de erro na posição de chegada no eixo do tempo relacionada ao desvio percentual calculado para \hat{t} ;
6. Determine a altura máxima H de cada lançamento através da equação obtida no item 2. e indique o valor de t correspondente;
7. Faça o gráfico de y versus x para cada ângulo de lançamento, indicando cada alcance e uma barra de erro na posição no eixo x relacionada ao desvio percentual calculado para \hat{x} ;
8. No gráfico do item 7. marque a altura máxima H de cada lançamento obtido no item 6. e indique o valor de x correspondente;

Perguntas

1. Qual o valor de v_y na chegada do projétil?
2. Qual é a inclinação das curvas no gráfico de x versus t ?
3. Qual inclinação das curvas no gráfico v_y versus t ?
4. Determine a área do gráfico v_y versus t e discuta seu significado.

Tabela 1: Dados das dez medidas de tempo de queda do móvel.

Ângulo de lançamento	45°		60°		30°	
Medidas	t	x	t	x	t	x
1						
	$v_0 =$		$v_0 =$		$v_0 =$	
2						
	$v_0 =$		$v_0 =$		$v_0 =$	
3						
	$v_0 =$		$v_0 =$		$v_0 =$	
4						
	$v_0 =$		$v_0 =$		$v_0 =$	
5						
	$v_0 =$		$v_0 =$		$v_0 =$	
6						
	$v_0 =$		$v_0 =$		$v_0 =$	
7						
	$v_0 =$		$v_0 =$		$v_0 =$	
8						
	$v_0 =$		$v_0 =$		$v_0 =$	
9						
	$v_0 =$		$v_0 =$		$v_0 =$	
10						
	$v_0 =$		$v_0 =$		$v_0 =$	
Médias	\bar{t}	\bar{x}	\bar{t}	\bar{x}	\bar{t}	\bar{x}
	$\bar{v}_0 = \bar{v}$		$\bar{v}_0 = \bar{v}$		$\bar{v}_0 = \bar{v}$	

Tabela 2: Desvio percentual das medidas de cada ângulo de lançamento.

Ângulo de lançamento	45°		60°		30°	
Medidas	$d_{a,t}$	$d_{a,x}$	$d_{a,t}$	$d_{a,x}$	$d_{a,t}$	$d_{a,x}$
d_1						
d_2						
d_3						
d_4						
d_5						
d_6						
d_7						
d_8						
d_9						
d_{10}						
Desvio Absoluto Médio d_a	$\hat{d}_{a,t}$	$\hat{d}_{a,x}$	$\hat{d}_{a,t}$	$\hat{d}_{a,x}$	$\hat{d}_{a,t}$	$\hat{d}_{a,x}$
$d_{\%} = \frac{d_a}{\text{média}}$						