



### 9.3 Experiência 3: Lançamento Horizontal, Conservação da Energia e da Quantidade de Movimento

#### 9.3.1 Objetivos

- ✓ Identificar corretamente a grandeza alcance em um lançamento horizontal de projétil a partir de uma rampa;
- ✓ Executar corretamente as medidas do alcance com o seu respectivo desvio;
- ✓ Relacionar a altura da posição de largada do móvel com o alcance;
- ✓ Determinar a velocidade total, no ponto de lançamento e no ponto de impacto com o solo;
- ✓ Utilizar o princípio de conservação de energia para determinar a velocidade de lançamento da esfera (ao abandonar a rampa);
- ✓ Determinar a velocidade angular da esfera, a partir da sua velocidade de lançamento relacionando com a sua velocidade linear do centro de massa;
- ✓ Relacionar a altura  $h$  com o módulo do vetor quantidade de movimento horizontal e verificar sua conservação;
- ✓ Verificar, através de vetores quantidade de movimento horizontal, a lei da conservação das quantidades de movimento em colisões frontais e laterais.

#### 9.3.2 Materiais Necessários

- ✓ Uma rampa principal, sustentação regulável para apoio da esfera alvo e suporte com esfera para os acessórios;
- ✓ Um conjunto de sustentação com escala linear milimetrada, haste e sapatas niveladoras e amortecedoras;
- ✓ Um fio de prumo com engate rápido;
- ✓ Uma esfera metálica maior para lançamento;
- ✓ Uma esfera metálica menor para lançamento;
- ✓ Uma folha de papel carbono;
- ✓ Uma folha de papel de seda;
- ✓ Fita adesiva;
- ✓ Um lápis;
- ✓ Uma régua milimetrada;
- ✓ Um compasso;
- ✓ Um paquímetro;
- ✓ Uma folha de papel milimetrado.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

### 9.3.3 Procedimento Experimental

#### 9.3.3.1 Parte 1 - Determinação do Alcance de um Projétil

1. Nivela a base da rampa.
2. Estique primeiramente a folha de papel carbono virada para cima sobre a mesa prendendo-a com fita adesiva, depois estique a folha de papel de seda e a prenda por cima do papel carbono;
3. Utilizando o prumo, marque no papel a posição  $x_0$  que fica verticalmente abaixo da saída da rampa.
4. Meça com uma régua milimetrada a altura ( $h$ ) do tripé (com incerteza), do tampo da mesa até a saída da rampa (Figura 1).

Altura ( $h$ ) =

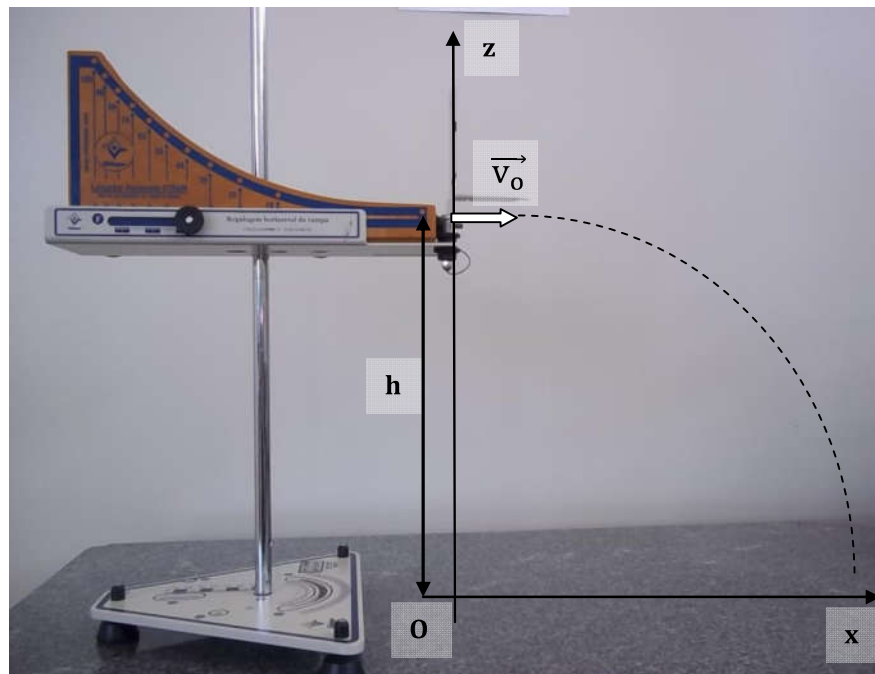


Figura 1 – Montagem experimental para o lançamento horizontal

5. Solte a esfera metálica maior do ponto de desnível 50 mm existente na escala da rampa. Avalie a incerteza desta medida. Ela percorrerá a canaleta e fará um voo



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

até colidir com o papel carbono. (O aluno deve estar atento para que a esfera “pique” somente uma vez sobre o papel).

6. Repita o processo acima em 10 lançamentos. Com um compasso desenhe um círculo reunindo em seu interior as marcas produzidas pelos lançamentos. A medida do raio deste círculo ( $R_c$ ) fornece a “imprecisão máxima da medida do alcance” ou “desvio da medida do alcance” representando a medida da incerteza deste experimento. O valor médio do alcance é dado pela distância entre a marca  $x_0$  (feita abaixo do prumo) e a marca  $x_c$  correspondente ao centro do círculo traçado.
7. Caso algum lançamento caia muito distante dos demais, despreze-o e refaça o lançamento.
8. Agora repita os procedimentos 2 – 4 com os desníveis ( $h$ ) de 20, 80 e 100 mm avaliando as respectivas incertezas.
9. Tome o ponto médio das marcas feitas pela bola nos lançamentos com cada desnível  $h$  como sendo  $x_c$ .
10. Complete a tabela abaixo.

Tabela 1 – Lançamento feitos.

Marca na Escala da Rampa	Alcance Horizontal Médio ( $X_c$ )	Incerteza em $X_c$
50 mm		
20 mm		
80 mm		
100 mm		

**9.3.3.2 Parte 2 - Determinação da quantidade de movimento numa colisão frontal (com base na conservação da quantidade de movimento horizontal de duas esferas diferentes).**

1. Meça o peso da esfera maior ( $m_G$ ) utilizando o dinamômetro. Meça o valor do peso da esfera menor ( $m_P$ ). Com a ajuda de um paquímetro meça o valor do diâmetro da esfera maior e da esfera menor e calcule o raio das respectivas esferas ( $r_G$  e  $r_P$ ).



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

Tabela 2 – valores medidos de peso e raio para as esferas maior e menor.

$m_G \pm \Delta m_G$	$m_p \pm \Delta m_p$	$r_G \pm \Delta r_G$	$r_p \pm \Delta r_p$

2. Coloque a esfera menor sobre o suporte da esfera alvo e regule o sistema para a esfera metálica maior se choque frontalmente com ela ao abandonar a rampa de acordo com a Figura 2.

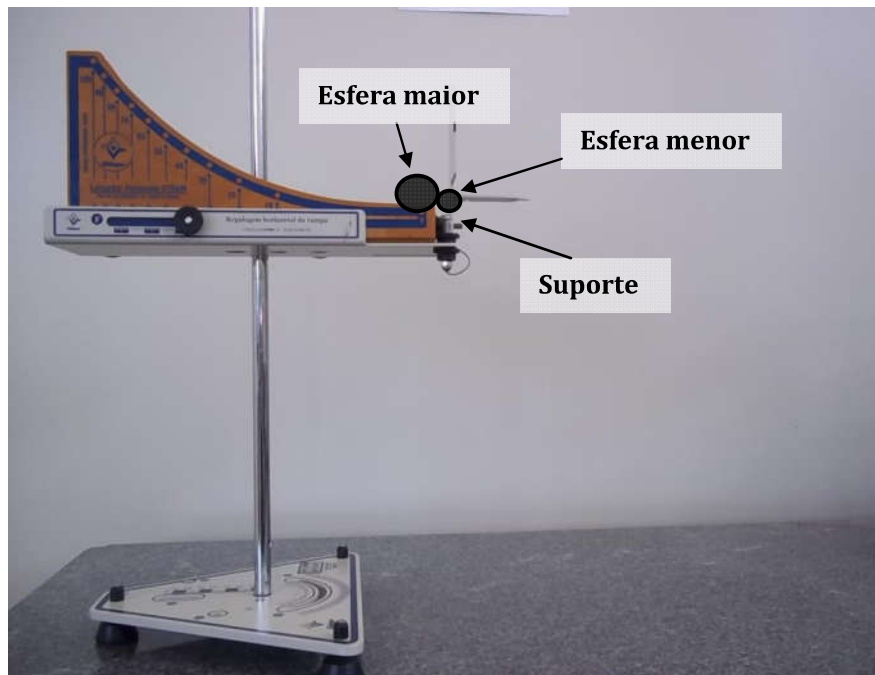


Figura 2 – Montagem experimental para o lançamento horizontal.

**Obs 1:** A distância entre a saída da rampa e o parafuso de apoio da esfera alvo ( $\Delta x$ ) deve ser escolhida de forma a minimizar o atrito com a rampa de apoio e reduzir a transferência de momento ao suporte da esfera alvo.

**Obs 2:** Ao ocorrer o choque, a esfera incidente deve tocar a esfera alvo na sua seção reta equatorial.

3. Solte a esfera metálica maior do ponto de desnível 100 mm existente na escala da rampa. Ela percorrerá a canaleta e fará um voo até colidir, primeiro com a esfera menor e depois com o papel carbono. (O aluno deve estar atento para que a esfera "pique" somente uma vez sobre o papel).



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas

4. Descreva o movimento descrito no item e assinale com 1p e 1g os pontos de impacto das esferas menor e maior, respectivamente.
5. Refaça mais três choques, assinalando os pontos 2p, 3p, 4p e 2g, 3g e 4g e trace os círculos de imprecisão marcando seus centros como  $C_p$  e  $C_g$ .
6. Localize e identifique como  $X_G$  e  $X_p$  os vetores deslocamentos horizontais de cada esfera. Determine no relatório as velocidades  $v_{xG}$  e  $v_{xp}$ .

Tabela 3 – Valores medidos de alcance horizontal para as esferas maior e menor.

$X_G \pm \Delta X_G$	
$X_p \pm \Delta X_p$	

**9.3.3.3 Parte 3 - Conservação da quantidade do movimento numa colisão lateral de duas esferas diferentes (com base na conservação da quantidade de movimento horizontal).**

1. Coloque a esfera metálica menor sobre o suporte da esfera alvo e regule o sistema para que a esfera metálica maior se choque na lateral da esfera menor ao abandonar a rampa. Obs: Ao ocorrer o choque, a esfera incidente deve encontrar  $\pm 1/3$  da região equatorial da esfera alvo em sua frente.
2. Repita os itens 2 – 6 da parte 2 deste experimento.
3. Desenhe sobre o papel, uma linha que passa sobre o centro da esfera maior e na direção do eixo x. Meça a distância lateral (eixo Y) do ponto central onde a esfera maior caiu até esta linha ( $Y_G$ ). Com isto, você poderá calcular a componente Y da velocidade da esfera maior ( $v_{yG}$ ), com incerteza.
4. Estime a distância entre o centro das esferas, com incerteza. Assim, você poderá desenhar a linha no papel que passa pelo centro da esfera menor. Meça a distância entre esta linha até o ponto central que a esfera menor caiu ( $Y_p$ ). Calcule a componente Y da velocidade da esfera menor ( $v_{yp}$ ), com incerteza.

Tabela 4 – valores medidos de alcance nas direções x e y das esferas maior e menor, durante a colisão lateral.

Esfera Maior	$X_G \pm \Delta X_G$	
	$Y_G \pm \Delta Y_G$	
Esfera Menor	$X_p \pm \Delta X_p$	
	$Y_p \pm \Delta Y_p$	



### 9.3.4 O que Incluir no Relatório do Experimento

- O módulo do vetor velocidade **na saída da rampa** pode ser obtido com o uso das equações para conservação de energia e as equações das trajetórias. Calcule a velocidade por estes dois métodos para a esfera lançada nas três partes do procedimento experimental. Compare os resultados através de uma tabela a ser incluída na análise de dados.
- *Para ficar mais claro: calculem a velocidade por dois métodos distintos e comparem os resultados.*
- Existe conservação de energia mecânica neste sistema? Se não, determine qual é a razão da perda de energia e determine sua magnitude para as três alturas das quais a esfera partiu.

#### **Para o impacto frontal:**

- É possível calcular o módulo do vetor quantidade de movimento horizontal da esfera quando esta deixa a rampa antes de colidir com a esfera pequena e após a colisão? Se sim, calcule.
- É possível provar que houve conservação da quantidade de movimento?

#### **Para o impacto lateral:**

- É possível calcular o módulo do vetor quantidade de movimento horizontal da esfera maior antes de colidir com a esfera pequena na saída da rampa ? e após a colisão? Se sim, calcule.
- É possível provar que houve conservação da quantidade de movimento nas duas direções?