

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Engenharia da Computação

Prof. Hélio Saito
Disciplina: LCD

Turma: ET21

Choques Mecânicos

Nomes:
Carlos Gabriel Baratieri
Éric Borges da Costa
Gabriel Rodrigues Pereira de Jesus
Lucas Fares Correa Auad Pereira

Cornélio Procópio

2025

1. Objetivo

Determinar o coeficiente de restituição de uma bola de borracha colidindo com o chão.

2. Materiais e Métodos

Bolinha, trena e calculadora



Figura 1: Bolinha

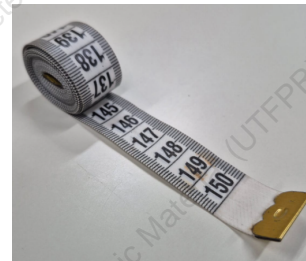


Figura 2: Trena



Figura 3: Calculadoras

3. Fundamentos Teóricos

A palavra colisão denotou, na linguagem informal do cotidiano, para um indivíduo comum, o impacto de um corpo contra outro; entretanto, na definição formal e científica, a ocorrência de uma colisão não exigiu que os corpos tivessem contato entre si. O estudo das colisões revelou-se importante, em Física, especialmente nas áreas de Física Nuclear e Física de Partículas. Colisões entre partículas nucleares e elementares foram, muitas vezes, provocadas e utilizadas para descobrir informações sobre tais partículas. A confrontação das informações obtidas antes da colisão com as registradas após a colisão permitiu revelar dados sobre as massas, cargas elétricas, tempos de vida, entre outros, das partículas. Certos fenômenos observados em gases puderam ser interpretados através de modelos que consideraram as colisões entre as partículas do gás. Durante uma colisão, forças relativamente grandes atuaram sobre cada um dos corpos que colidiram, durante um intervalo de tempo muito pequeno. As medidas de velocidades, momentos lineares e energias cinéticas dos corpos, antes e após cada colisão, possibilitaram analisar se ocorreram as conservações de momento e energia em cada colisão.

Teoria sobre alguns tipos de colisões importantes: As colisões foram geralmente classificadas conforme a conservação ou não da energia cinética durante o evento.

Se a energia cinética foi conservada, diz-se que a colisão foi elástica. Imagine-se dois corpos movendo-se ao longo da linha que une seus centros de massa e, após colidirem, continuarem a se mover na mesma linha reta. Consideraram-se as massas dos corpos m_1 e m_2 e suas velocidades iniciais \vec{v}_{1i} e \vec{v}_{2i} . Após a colisão, suas velocidades finais foram \vec{v}_{1f} e \vec{v}_{2f} . Pela conservação do momento linear, pôde-se escrever, para o caso em análise:

$$m_1 \cdot \vec{v}_{1i} + m_2 \cdot \vec{v}_{2i} = m_1 \cdot \vec{v}_{1f} + m_2 \cdot \vec{v}_{2f}$$

Se a colisão foi elástica, a energia cinética se conservou, e, então:

$$\frac{1}{2}m_1v_{1i}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2i}^2 = \frac{1}{2}m_1v_{1f}^2 + \frac{1}{2}m_2v_{2f}^2$$

Caso a energia cinética não tenha sido conservada, diz-se que a colisão foi inelástica; se os dois corpos permaneceram juntos após a colisão, esta foi considerada perfeitamente inelástica. Como a energia cinética não foi conservada, houve perda de energia, que se transformou, por exemplo, em calor ou energia potencial de deformação. Eventualmente, caso energia potencial seja liberada na colisão, a energia cinética final pode ser maior que a inicial. Em uma colisão perfeitamente inelástica, os corpos permaneceram juntos após a colisão, ou seja, a velocidade final foi igual para ambos.

$$e^2 = \frac{h_1}{h_0} \Rightarrow h_1 = h_0 e^2$$

$$e^2 = \frac{h_2}{h_1} \Rightarrow h_2 = h_1 e^2 = (h_0 e^2) e^2 = h_0 e^4$$

$$e^2 = \frac{h_3}{h_2} \Rightarrow h_3 = h_2 e^2 = (h_0 e^4) e^2 = h_0 e^6$$

$$e^2 = \frac{h_4}{h_3} \Rightarrow h_4 = h_3 e^2 = (h_0 e^6) e^2 = h_0 e^8$$

$$e^2 = \frac{h_5}{h_4} \Rightarrow h_5 = h_4 e^2 = (h_0 e^8) e^2 = h_0 e^{10}$$

$$\text{Forma Geral : } h_n = h_0 e^{2n}$$

Não é possível fazer o ajuste linear desta equação, a opção para conseguir a linearização do gráfico seria a eliminar a potência da equação. Isto é possível, aplicando logaritmo de base 10 em ambos os lados da equação.

$$\log h_n = \log h_0 e^{2n}$$

$$\log a \cdot b = \log a + \log b$$

$$\log h_n = \log h_0 + \log e^{2n}$$

$$\log a^b = b \cdot \log a$$

$$\log h_n = \log h_0 + n \log e^2$$

Escrevendo em termos de uma equação linear $y = A + Bx$, onde y equivale a $\log h_n$, A equivale a $\log h_0$, B equivale a $\log e^2$ e n equivale a x .

4. Desenvolvimento e Análise dos Dados

Marcou-se um ponto na altura de 150,00 cm e fixou-se uma trena de 150,00 cm na parede; soltou-se uma bola de borracha de uma altura de $h_0 = 150,00$ cm e anotou-se a altura atingida pela bola após a primeira colisão (h_1); soltou-se novamente a bola de borracha do valor de h_1 para calcular h_2 , que correspondeu à altura atingida pela bola após a segunda colisão com o solo, da mesma maneira que se encontrou h_1 ; determinaram-se as alturas h_3 , h_4 e h_5 que a bola de borracha atingiu após a terceira, quarta e quinta colisão com o solo.

h_0	150,00 cm
h_1	114,00 cm
h_2	88,56 cm
h_3	71,19 cm
h_4	57,81 cm
h_5	47,21 cm

Determinaram-se os coeficientes de restituição entre h_1 e h_0 , h_2 e h_1 , h_3 e h_2 , h_4 e h_3 e h_5 e h_4 , e determinou-se o valor médio de e .

$e = \sqrt{\frac{h_1}{h_0}}$	$e = \sqrt{\frac{114,00}{150,00}}$	$e = 0,87$
$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$	$e = \sqrt{\frac{88,56}{114,00}}$	$e = 0,88$
$e = \sqrt{\frac{h_3}{h_2}}$	$e = \sqrt{\frac{71,19}{88,56}}$	$e = 0,89$
$e = \sqrt{\frac{h_4}{h_3}}$	$e = \sqrt{\frac{57,81}{71,19}}$	$e = 0,90$
$e = \sqrt{\frac{h_5}{h_4}}$	$e = \sqrt{\frac{47,21}{57,81}}$	$e = 0,90$
		$e_{\text{médio}} = 0,888$

Foi feito o gráfico em Excel do logaritmo de altura atingida após a colisão versus números de colisões ($\log h_n \times n$).

n	$\log h_n$
1	2,05
2	1,99
3	1,85
4	1,76
5	1,67

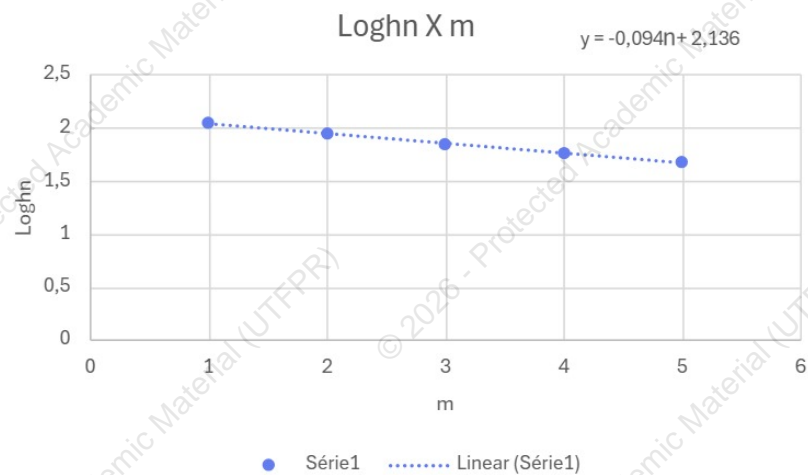


Figura 4: Gráfico Excel

Determinou-se os coeficientes angular e linear do gráfico.

$$\log h_n = \log h_0 + n \cdot \log e^2$$

$$\log h_0 = 2,136$$

$$n \cdot \log e^2 \Rightarrow n = -1, \log e^2 = 0,094$$

$$\log_b a = c \Rightarrow a = b^c$$

$$\log_{10} e^2 = -0,094$$

$$e^2 = 10^{-0,094}$$

$$h_0 = 10^{2,136}$$

$$e = \sqrt{10^{-0,094}}$$

$$h_0 = 136,77$$

$$e = 0,88$$

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O experimento resultou em êxito, sob a experimentação dos choques mecânicos.

6. BIBLIOGRAFIA

JURAITIS, K. R.; DOMICIANO, J. B. **Introdução ao Laboratório de Física Experimental**: métodos de obtenção, registro e análise de dados experimentais. EDUEL, 2005.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da Teoria de Erros**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1992.