

Experimento A5: Colisões

1 - INTRODUÇÃO

Uma colisão é uma interação com duração limitada entre dois ou mais corpos. O choque entre bolas de sinuca é um exemplo, onde é possível observar que o movimento das bolas se altera após a colisão, mudando a direção, o sentido e a intensidade de suas velocidades. Uma colisão pode ocorrer sem que, no entanto, haja contato físico entre os corpos envolvidos, como por exemplo, no caso de um meteoro vindo de um ponto distante e que tem sua órbita desviada ao passar pelas proximidades de um planeta.

Para estudar um problema de colisão de dois corpos podemos estabelecer relações entre os estados dos sistemas antes e após a colisão, tais relações são obtidas levando-se em conta as Leis da Conservação da Física. Neste experimento vamos verificar a Conservação do Momento Linear e da Energia Cinética para um sistema isolado, composto por dois carrinhos após colidirem entre si.

- Conservação do Momento Linear: Considere um sistema de duas partículas m_1 e m_2 . Se considerarmos que não existem forças externas atuando neste sistema, o sistema se movimenta livremente antes e após a colisão (partículas possuem velocidade constante), nenhuma força externa atua durante o processo de colisão, dizemos que para este sistema isolado a resultante das Forças que atuam sobre ele é nula, $\vec{F}_{EXT} = 0$, então:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{EXT} = 0 \dots\dots\dots [1]$$

e teremos

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = Constante \dots\dots\dots [2]$$

Para o sistema de duas partículas, o momento total inicial antes da colisão \vec{P}_i , é igual ao momento total final após a colisão, \vec{P}_f , ou seja,

$$\vec{p}_{1i} + \vec{p}_{2i} = \vec{p}_{1f} + \vec{p}_{2f}, \dots\dots\dots [3]$$

reescrevendo a equação anterior em relação as velocidades e massas que podem ser facilmente ser medidas, obtemos:

$$m_1 \vec{v}_{1i} + m_2 \vec{v}_{2i} = m_1 \vec{v}_{1f} + m_2 \vec{v}_{2f} \dots\dots\dots [4]$$

- Conservação de energia: A energia mecânica, ou seja, a soma da energia cinética e potencial, pode ou não se conservar em uma colisão. Uma colisão em que a energia mecânica é conservada é chamada de colisão elástica. Por exemplo, o meteoro que se aproxima de um Planeta e tem sua trajetória modificada é um tipo de colisão elástica. Em um jogo de sinuca em que a perda de energia cinética das bolas após a colisão é muito pequena, também pode ser considerada uma colisão elástica.

Uma colisão inelástica é aquela em que a energia mecânica não se conserva. É o caso de uma bola de basquete colidindo com o piso de uma quadra, a altura atingida pela bola é menor a cada colisão

com o solo. Em geral, os processos de colisão do dia-a-dia a energia mecânica sempre se altera e grande parte é transformada em calor, por exemplo.

O balanço de energia durante uma colisão pode ser dado por:

$$\frac{m_1 v_{1i}^2}{2} + \frac{m_2 v_{2i}^2}{2} = \frac{m_1 v_{1f}^2}{2} + \frac{m_2 v_{2f}^2}{2} + \Delta U, \dots \dots \dots [5]$$

- Para colisões elásticas em uma dimensão: Considere o caso de duas partículas de massas m_1 e m_2 colidindo frontalmente. A partícula m_1 tem velocidade inicial v_{1i} e a partícula m_2 está inicialmente parada ($v_{2i} = 0$). As seguintes equações descrevem as velocidades finais de cada partícula após a colisão:

$$v_{1f} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{1i}, \dots \dots \dots [6]$$

e

$$v_{2f} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{1i}, \dots \dots \dots [7]$$

- Para colisões perfeitamente inelásticas: Esta colisão ocorre muito frequentemente, quando as duas partículas ficam unidas uma a outra após o choque. Neste caso $v_{1f} = v_{2f} = v_f$. Pode-se mostrar que o valor da perda ΔK da energia cinética do sistema é máxima. Considere o caso em que a partícula de massa m_2 está inicialmente parada e a partícula de massa m_1 se movimenta com velocidade inicial v_{1i} . A energia cinética final do sistema será:

$$K_f = \frac{1}{2} \frac{m_1^2}{m_1 + m_2} v_{1i}^2, \dots \dots \dots [8]$$

A energia perdida no sistema será

$$\Delta U = \Delta K = \frac{m_2}{m_1 + m_2} K_i, \dots \dots \dots [9]$$

Neste experimento vamos estudar a colisão elástica entre dois objetivos de massas diferentes e a colisão inelástica quando dois objetivos colidem e passam a se mover juntos (colisão completamente inelástica).

2 - OBJETIVOS

Estudar as colisões elásticas e inelásticas. Verificar os princípios de conservação do momento linear. Verificar os princípios de conservação da energia.

3 - MATERIAIS UTILIZADOS

- Trilho de ar com unidade geradora de fluxo (compressor de ar) **Erro! Fonte de referência não encontrada.**
- Dois carros de massas diferentes;
- Dois sensores fotoelétricos;
- Dois réguas obturadoras de luz;
- Um suporte de madeira para elevar o trilho de ar;

- (vi) Multicronômetro digital;
- (vii) Ferrite e molas;
- (viii) Suporte e nível bolha;
- (ix) 01 Suporte para acoplamento perfeitamente inelástico (sistema macho-fêmea);
- (x) 06 massas acopláveis.

4 - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

→ ADVERTÊNCIAS

- (i) Nunca movimente os carrinhos sobre o trilho sem que o gerador de fluxo de ar esteja funcionando. Isso pode provocar arranhões na superfície do trilho;
- (ii) Tenha cuidado com o equipamento. Uma queda de alguns centímetros pode inutilizar o carrinho;
- (iii) Sempre coloque os carrinhos sobre a espuma localizada sobre a bancada;
- (iv) Nivelamento do sistema: Use o nível de bolha mostrado na Figura 1 - Montagem para alinhamento do trilho, utilizando carrinho e suporte com nível de bolha. (cuidado para não arranhar o trilho). Agora, com o compressor ligado posicione o carrinho no centro do trilho e próximo do nível de bolha. Verifique que ele permanece em “quase” repouso. Se necessário ajuste para obter o máximo possível de repouso.



Figura 1 - Montagem para alinhamento do trilho, utilizando carrinho e suporte com nível de bolha.

- (v) O movimento sempre iniciará do lado da mola impulsadora presa na extremidade do trilho de ar.
- (vi) Sempre que retirar os carrinhos do trilho de ar coloque-os sobre a espuma na mesa de trabalho.

→ PROCEDIMENTO COLISÃO ELÁSTICA

- (i) O Carrinho de massa m_1 será o carrinho que possui dois parafusos suportes para adição de massa (estes suportes ficarão vazios durante o experimento). Uma extremidade deste carrinho deve ficar vazia para que a mola impulsadora empurre o carrinho. Na outra extremidade deve conter uma mola.

- (ii) O carrinho de massa m_2 possui seis parafusos suportes para adição de massa. Em cada parafuso do carrinho m_2 deve conter uma massa acoplável. Na lateral que for colidir com o carrinho de massa m_1 deve ser colocada um ferrite, na lateral que for colidir com a extremidade do trilho deve ser colocada uma mola.
- (iii) Meça as massas dos carrinhos e anote na sua folha de dados.
- (iv) Posiciona os sensores S_0 e S_1 de forma que eles não detectem o lançamento do carrinho 1 e o momento da colisão entre os carrinhos.
- (v) Ligue o Multicronômetro e certifique-se que os cabos do primeiro e do último sensor estão ligados nos canais “S0” e “S1”. **Obs: solte todos os outros cabos no multicronômetro!;**
- (vi) Selecione a Função F8 – Choq-Elas 2 Sens. Esta função permite que os sensores S_0 e S_1 meçam respectivamente 20 e 10 tempos de passagem. O sensor S_0 irá detectar os 10 tempos de passagem do carrinho 1 e mais 10 tempos de passagem na volta após a colisão. O carrinho possui uma régua que alterna intervalos transparentes e opacos. Ao movimentar o carrinho através de um sensor fotoelétrico, esta régua obstrui 10 vezes o caminho óptico. Medindo 10 intervalos de tempo para deslocamentos de 18 mm;
- (vii) Puxe a mola impulsionalora e encoste o carrinho 1 nela. Solte a mola para impulsionar o carrinho 1. Garanta que ao iniciar o experimento o carrinho 2 esteja em repouso.
- (viii) Acesse os tempos de passagem registrados em cada sensor no Multicronômetro e anote nas Tabelas 1 e 2. **Obs: o primeiro tempo medido no sensor S1 corresponde a duração do movimento entre o sensor S0 e S1;**

→ PROCEDIMENTO COLISÃO INELÁSTICA

- (i) Substitua a mola do carrinho 1 e o ferrite do carrinho 2 pelo suporte acoplável. Este suporte fará que os carrinhos “grudem” após a colisão.
- (ii) Meça as massas dos carrinhos e anote na Tabela 2.
- (iii) Selecione a Função F7 – Choq-Inel 2 Sens. Esta função adquire 10 intervalos de tempos nos sensores S_0 e S_1 , respectivamente
- (iv) Acesse os **TODOS OS TEMPOS** de passagem registrados no Multicronômetro e anote na Tabela 3.

5 - ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÕES

5.1 - Colisão Elástica

- (a) A régua obturadora possui bloqueios a cada 18 mm, então, a velocidade em cada intervalo pode ser calculada dividindo o comprimento de cada bloqueio pelo tempo de passagem em cada um, ou seja:

$$v_{i_{s_0}} = \frac{0,018 \text{ m}}{t_i \text{ s}}$$

Cada tempo de passagem é medido com relação ao início do experimento, logo o tempo de passagem correspondente a i -ésima obstrução é dado por $t_i - t_{i-1}$.

- (b) Usando as expressões acima e os dados da Tabela 1, determine as velocidades dos carrinhos 1 e 2 antes e após a colisão, com suas respectivas incertezas. Obtenha o valor médio da velocidade e o desvio padrão.
- (c) Calcule a variação do momento linear e sua incerteza. Baseado em seus resultados, justifique se houve ou não conservação do momento linear.
- (d) Calcule a variação da energia cinética e sua incerteza. Baseado em seus resultados, justifique se houve ou não conservação da energia cinética.
- (e) O que deve acontecer se os dois carrinhos possuírem aproximadamente a mesma massa? Refaça o experimento mantendo os carrinhos com a mesma massa e justifique sua resposta. Não precisa refazer cálculos ou medidas, apenas observa o experimento e discuta.
- (f) Verifique se as velocidades finais medidas do sistema são as mesmas calculadas através das fórmulas [6] e [7].

5.2 - Colisão Inelástica

- (a) A régua obturadora possui bloqueios a cada 18 mm, então, a velocidade em cada intervalo pode ser calculada dividindo o comprimento de cada bloqueio pelo tempo de passagem em cada um, ou seja:

$$v_{i_{s_0}} = \frac{0,018 \text{ m}}{t_i \text{ s}}$$

Cada tempo de passagem é medido com relação ao início do experimento, logo o tempo de passagem correspondente a i -ésima obstrução é dado por $t_i - t_{i-1}$.

- (b) Usando as expressões acima e os dados da Tabela 2, determine as velocidades dos carrinhos 1 e 2 antes e após a colisão, com suas respectivas incertezas. Obtenha o valor médio da velocidade e o seu desvio médio.
- (c) Calcule o valor médio de t e t^2 e suas respectivas incertezas para as diferentes inclinações e apresente os resultados em tabelas separadas para cada inclinação.

- (d) Usando o valor médio da velocidade calcule o momento linear e a energia cinética de cada carrinho antes e após a colisão, com suas respectivas incertezas.
- (e) Calcule a o momento linear total inicial e final e sua incertezas. Baseado em seus resultados justifica se houve ou não conservação do momento linear.
- (f) Calcule a da energia cinética total inicial e final e suas incertezas. Baseado em seus resultados, justifique se houve ou não conservação da energia cinética.
- (g) Compare os dois experimentos e justifique seus resultados.
- (h) Verifique se a energia cinética final e a sua variação obtida medido a dinâmica do movimento é igual a obtida pelas Equações [8] e [9].

6 – QUESTIONÁRIO PREPARATÓRIO

Questão 1) O que queremos dizer quando afirmamos que uma grandeza é conservada? De exemplo de uma grandeza que não é conservada.

Questão 2) Explique as Leis da Conservação da Energia e Momento.

Questão 3) Qual é a influência das forças internas sobre o momento total de um sistema? Justifique.

Questão 4) Demonstre as Equações [6], [7], [8] e [9].

Questão 5) Obtenha os valores de v_{1f} e v_{2f} nas equações [6] e [7], para os casos em que (a) $m_1 = m_2$; (b) $m_1 \ll m_2$; (c) $m_1 \gg m_2$. Discuta qualitativamente cada situação.

Questão 6) Faça um breve parágrafo discutindo o procedimento experimental.

Questão 7) Um aluno fez dois experimentos e verificou que o momento sempre se conserva, porém, a energia cinética para uma determinada situação não é conservada. O que nós podemos afirmar sobre o sistema investigado pelo aluno? É possível o momento se conservar e a energia não? Justifique sua resposta.

Experimento A5: Colisões

Professor: _____ Data: ___/___/___

Alunos: _____, _____, _____

Parte I: Colisão Elástica

Tabela 1 - Tempo de passagem para cada detecção no sensor S0 na ida e volta do carrinho 1. A massa do carrinho 1: $m_1 = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{ g}$

Ida do carrinho 1 antes da colisão	Volta do carrinho 1 após a colisão
$t_{i_m1} \text{ (s)} >$	$t_{f_m1} \text{ (s)} <$
t ₁ =	t ₁ =
t ₂ =	t ₂ =
t ₃ =	t ₃ =
t ₄ =	t ₄ =
t ₅ =	t ₅ =
t ₆ =	t ₆ =
t ₇ =	t ₇ =
t ₈ =	t ₈ =
t ₉ =	t ₉ =
t ₁₀ =	t ₁₀ =

Tabela 2 - Tempo de passagem para cada detecção no sensor S1 pelo carrinho 2. A massa do carrinho 2: $m_2 = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{ g}$

Ida do carrinho 2 após a colisão
$t_{i_m2} \text{ (s)} >$
t ₁ =
t ₂ =
t ₃ =
t ₄ =
t ₅ =
t ₆ =
t ₇ =
t ₈ =
t ₉ =
t ₁₀ =

Parte 2: Colisões Inelásticas

Tabela 3 - Tempo de passagem entre os sensores S0 e S1 para colisão inelástica.

Ida do carrinho 1 antes da colisão	Passagem carrinhos 1 e 2 juntos após a colisão
$t_{i_{m1}} (s) >$	$t_{f_{m_1 e m_2}} (s) >$
t1 =	t1 =
t2 =	t2 =
t3 =	t3 =
t4 =	t4 =
t5 =	t5 =
t6 =	t6 =
t7 =	t7 =
t8 =	t8 =
t9 =	t9 =
t10 =	t10 =