

Prática 5 – Conservação do momento e da energia em Colisões Unidimensionais

Objetivo: Serão estudadas as quantidades de movimento e a energia cinética de corpos em colisão num movimento unidimensional, utilizando um trilho de ar para minimizar o efeito do atrito.

O relatório de hoje será individual e deve ser entregue no final da aula. Não faça rascunhos, marque tudo diretamente no relatório, rasure se necessário, isso não será levado em conta na correção. Coloque todas as contas de incertezas no relatório. Não faça seções de objetivos introdução. Apenas esboce com um desenho muito simples em cada caso as velocidades e posições dos corpos antes e depois da colisão.

5.1. Quantidade de movimento

O momento linear ou quantidade de movimento de uma partícula é um vetor \vec{p} definido como o produto de sua massa m pela sua velocidade: $\vec{p} = m\vec{v}$

A segunda lei de Newton é dada por $\vec{F}_R = \frac{d\vec{p}}{dt}$, onde \vec{F}_R é a resultante de todas as forças externas que atuam sobre o sistema. Assim, em um sistema isolado (sem forças externas) o momento linear deve permanecer constante: $\frac{d\vec{p}}{dt} = 0 \rightarrow \vec{p} = \text{constante}$, o que corresponde à conservação da quantidade de movimento.

Em sistemas compostos de várias partículas, a quantidade de movimento total é simplesmente a soma dos momentos de cada uma. Assim, para o experimento realizado nesta prática, onde haverá duas “partículas” colidindo, o momento linear total é $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$.

Como vamos trabalhar com um movimento em apenas 1 dimensão, no nosso caso podemos simplesmente considerar as componentes na direção do movimento:

$$p = p_1 + p_2 = m_1v_1 + m_2v_2 \quad (1).$$

5.1. Energia cinética:

Em alguns tipos de colisões ocorre a **conservação da energia mecânica**. Estas colisões são chamadas de **colisões elásticas** ou **perfeitamente elásticas**. As colisões em que não ocorre a conservação da energia mecânica são chamadas de colisões inelásticas (quando os corpos grudam) ou parcialmente elásticas (quando permanecem separados após a colisão). Nestes casos, a energia total do sistema se conserva, mas a energia mecânica total pode diminuir, transformando-se em outros tipos de energia que não a mecânica, por exemplo: a colisão pode produzir calor, ondas sonoras, mudança de conformação – deformação, etc...

A energia mecânica de um sistema é dada por $E_m = E_{cinética} + E_{potencial}$. Como nosso experimento ocorre sobre um trilho disposto horizontalmente, não existem variações de altura. Assim, a parte da energia potencial pode ser desconsiderada, por ser constante. Então precisamos apenas observar a energia cinética total para sabermos se existe alguma variação da energia mecânica. Como temos 2 carrinhos colidindo, temos:

$$E_{cinética} = E_{c1} + E_{c2} = \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} \quad (2).$$

No caso particular em que as partículas grudam e passam a se mover juntas, devemos usar:

$$E_{cinética} = \frac{m_T v^2}{2} \quad (3),$$

onde m_T é a massa total dos dois carrinhos mais o material colante e v é a velocidade final dos dois carrinhos juntos.

5.1. Tomada de dados e análise:

A figura 1 mostra o detalhe da região do trilho de ar onde ocorre a colisão e onde são medidos os tempos de passagem das carrinhos. Os experimentos de colisão elástica e colisão inelástica (em que os carrinhos grudam) o carrinho **1** de massa m_1 parte da esquerda do trilho de ar com velocidade constante v_1 e interrompe um feixe de laser alinhado com um sensor óptico ligado a um circuito eletrônico que mede o tempo t_1 de passagem do carrinho **1** pelo sensor. Logo após a passagem pelo sensor ocorre a colisão com o carrinho de massa m_2 que estava em repouso. No caso elástico, após a colisão, o carrinho incidente para, e o carrinho que estava parado sai com velocidade constante v_2 e interrompe um segundo feixe de laser que é usado para medir o tempo de passagem t_2 do carrinho **2**. No caso inelástico, os dois carrinhos grudam por causa de uma massa adesiva colocada na lateral do carrinho **2**. O conjunto todo (carrinho 1 + adesivo + carrinho 2), com massa total m_T , passa a se mover com velocidade constante v_2' , interrompe o laser e têm seu tempo de passagem t_2' registrado.

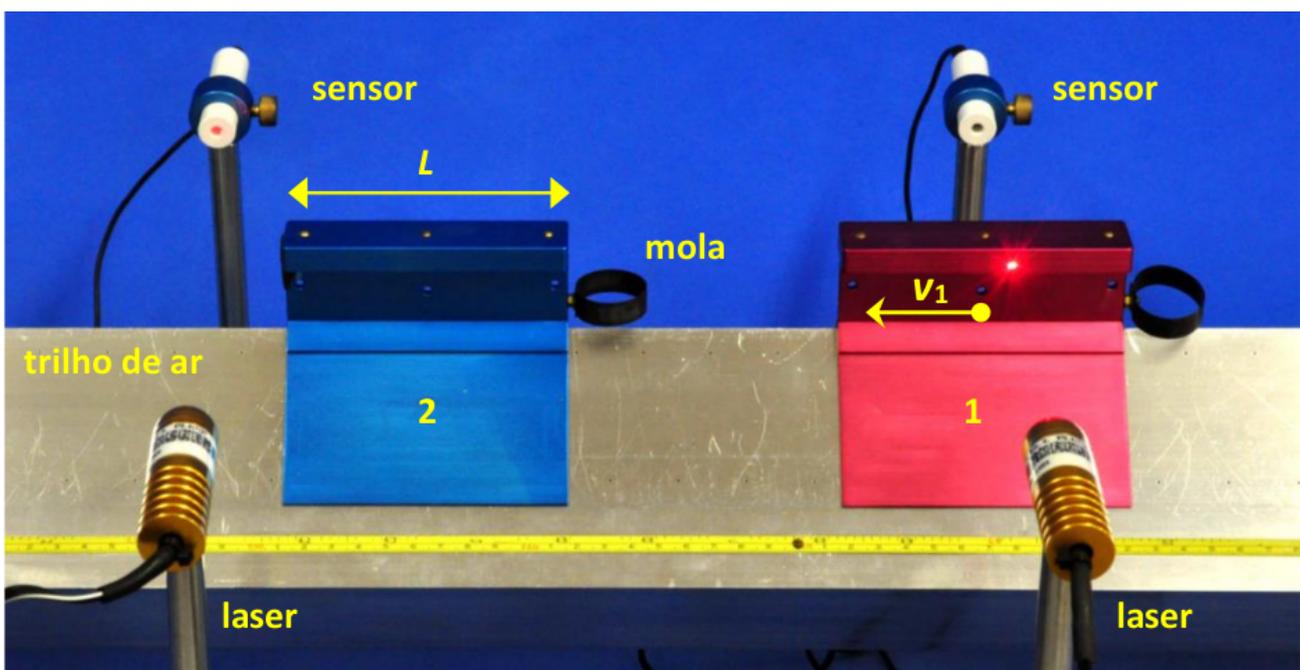


Figura 1 – Região do trilho de ar onde ocorrem as colisões unidimensionais (vetores serão representados apenas pelas componentes escalares na direção do movimento). Aqui é mostrado o exemplo de uma colisão elástica que ocorre da direita para a esquerda (ao contrário do experimento que será feito por vocês). O carrinho 1 incide pela direita com velocidade v_1 e se choca de modo elástico (atingindo uma mola) com o carrinho 2. No carrinho 1 o ponto de luz vermelho intenso é o laser sendo bloqueado pelo corpo do carrinho. O cronômetro ligado ao sensor mede a duração do intervalo de interrupção, em segundos.

5.1.1 - Medidas a serem feitas e anotadas (com as respectivas unidades):

-Colisão elástica: t_1 , t_2 , L_1 , L_2 , m_1 , m_2 , onde L_1 e L_2 são os comprimentos dos carrinhos que bloqueiam o laser, ao passarem.

-Colisão inelástica: t_1 , t_2' , L_1 , L_2' , m_1 , m_T , onde L_2' é o comprimento do bloco carrinhos + adesivo, e m_T é a massa do bloco de carrinhos + adesivo.

5.1.2 – Protocolo experimental:

Na colisão elástica:

- preparar a colisão (posicionar os carrinhos e preparar os cronômetros);
- empurrar o carrinho 1 para a esquerda;
- após a colisão, anotar os tempos de passagem em segundos conforme marcado nos cronômetros (marque os valores usando 5 algarismos significativos e considere a incerteza nula);
- retirar os carrinhos do trilho, medir seus comprimentos e massas (ambos com incerteza).

Na colisão inelástica:

- usar o mesmo par de carrinhos usado na colisão elástica (para aproveitar as medidas L e m já realizadas no carrinho 1);
- preparar a colisão (posicionar os carrinhos e preparar os cronômetros);
- empurrar o carrinho 1 para a esquerda;
- após a colisão, anotar os tempos de passagem em segundos conforme marcado nos cronômetros (marque os valores usando 5 algarismos significativos e considere a incerteza nula);
- importante: se o valor marcado no cronometro 2 não for maior que 4X o valor do cronômetro 1 você deve repetir a colisão pois houve problema com a detecção do tempo na passagem do adesivo pelo feixe laser, os carrinhos não grudaram, etc... (porquê maior que 4X?);
- **sem retirar o bloco de carrinhos do trilho**, medir o comprimento total do bloco (com incerteza) que interrompe o laser (sem desmontar o bloco – porque?);
- retirar o “bloco grudado” do trilho e medir a massa total (com incerteza). Obs: se desmontar não tem problema, basta medir tudo junto na balança: carrinhos + massinha adesiva.

5.2. Análise de dados:

Organize seus dados em tabelas. As perguntas a serem respondidas em cada caso (colisão elástica / colisão inelástica) são:

- **houve conservação do momento linear?** → $P_{final} = P_{inicial}$?
- **houve conservação da energia?** → $EC_{final} = EC_{inicial}$?

Observe que essas perguntas **têm** que ser respondidas usando os critérios de comparação de valores usando incertezas (“2 e 3 sigmas”). Você deve discutir as implicações físicas / justificar possíveis motivos de cada resultado que obtiver nessas comparações. Resuma o que observou na conclusão. A seguir veremos como obter os valores experimentais de cada uma dessas grandezas.

5.2.1 - Colisão elástica:

A expressão (1) terá as seguintes formas (porquê?):

- antes da colisão: $p_{inicial} = m_1 v_1 = \frac{m_1 L_1}{t_1}$, pois $v_1 = \frac{L_1}{t_1}$;
- depois da colisão: $p_{final} = m_2 v_2 = \frac{m_2 L_2}{t_2}$, pois $v_2 = \frac{L_2}{t_2}$.

A expressão (2) terá as seguintes formas:

- antes da colisão: $EC_{inicial} = \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{v_1}{2} p_{inicial}$;
- depois da colisão: $EC_{final} = \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{v_2}{2} p_{final}$. (use o que achar mais fácil para propagar as incertezas nos cálculos)

5.2.2 - Colisão inelástica:

OBS: Cuidado para não usar o mesmo valor de v_1 e t_1 nas duas colisões! O índice (1) se refere ao carrinho incidente em cada caso, mas os valores são diferentes entre si em cada colisão, mesmo usando o mesmo carrinho nas duas colisões – lembre-se que a velocidade inicial é aquela dada pelo impulso manual do carrinho para a esquerda no início do experimento.

A expressão (1) agora terá as formas:

- antes da colisão: $p_{inicial} = m_1 v_1 = \frac{m_1 L_1}{t_1}$, pois $v_1 = \frac{L_1}{t_1}$;
- depois da colisão: $p_{final} = m_T v_2' = \frac{m_T L_2'}{t_2'}$, pois $v_2' = \frac{L_2'}{t_2'}$.

A expressão (2) agora terá as seguintes formas:

- antes da colisão: $EC_{inicial} = \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{v_1}{2} p_{inicial}$;
- depois da colisão: $EC_{final} = \frac{m_T (v_2')^2}{2} = \frac{v_2'}{2} p_{final}$. (use o que achar mais fácil para propagar as incertezas nos cálculos)

Bom trabalho!