



BCJ0204 - Fenômenos Mecânicos

Experimento 3 - Roteiro

Colisões Elásticas e Inelásticas

Introdução

A lei da conservação do momento linear é tão importante quanto a lei de conservação de energia, além de muito útil, mesmo em situações nas quais as leis de Newton são inadequadas, como no caso de corpos que se deslocam com velocidades muito elevadas (próximas à velocidade da luz) ou de corpos microscópicos (como as partículas que constituem o átomo). No domínio da mecânica newtoniana, a lei de conservação de momento linear nos permite analisar muitas situações que se tornariam extremamente difíceis se tentássemos usar as leis de Newton diretamente. Entre essas situações estão os problemas que envolvem colisões, nos quais temos forças de interação mútua durante intervalos de tempo tipicamente pequenos. Em uma colisão, o momento total do sistema é conservado, isto é, o momento total inicial é igual ao final.

Uma **colisão elástica** em um sistema isolado é aquela na qual existe conservação tanto do momento linear quanto da energia cinética. Nas colisões entre corpos comuns, tais como nas colisões entre dois carros ou entre uma bola de bilhar e um taco, parte da energia é transformada de energia cinética para outras formas de energia, como, por exemplo, energia térmica e energia sonora. Isso significa que, nesses casos, a energia cinética não é conservada. As colisões em que parte da energia cinética é convertida para outras formas são denominadas **inelásticas**.

O experimento envolverá uma colisão elástica ou inelástica entre 2 carrinhos em movimento no trilho de ar. A análise incluirá o cálculo de uma série de propriedades relevantes para estudar se a colisão foi realmente elástica ou não.

Se a distância entre dois sensores for \bar{D} , o intervalo de tempo que o carrinho leva para percorrer essa distância é Δt ; a velocidade média é dada pela fórmula:

$$v = \frac{\bar{D}}{\Delta t}$$

Se m é a massa do carrinho, seu momento linear é:

$$p = mv$$

e sua energia cinética é:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Semelhante aos relatórios 1 e 2, considere que em nosso experimento a régua tem uma incerteza instrumental de $\sigma_i=0.5 \text{ mm}$ e para os cronômetros $\sigma_i=0.001 \text{ s}$ (vamos assumir que não há erros sistemáticos, $\sigma_s=0$). Como tratamos uma amostra, use sempre o **desvio padrão da média**, também chamado de desvio padrão amostral, para determinar a incerteza estatística. A incerteza instrumental deve ser adicionada apropriadamente ao desvio padrão da média para obter a **Incerteza Total** da respectiva medição (D e Δt), que então deve ser inserida na Tabela correspondente.

Todos os resultados de média e incerteza devem ser inseridos com os algarismos significativos corretos.

Como a velocidade, momento linear, e energia cinética são grandezas determinadas de forma indireta, para determinarmos suas incertezas experimentais $\sigma_v, \sigma_p, \sigma_E$ é necessário fazermos a **Propagação de Erro**, considerando as incertezas na determinação direta de **D** e **Δt** .

Vamos desconsiderar a incerteza da massa na propagação de erro. Ou seja, considere que as medições de massa têm uma incerteza zero. Fazemos isso apenas para simplificar os cálculos.

Objetivos

Neste experimento, será feita a análise de colisões de dois carrinhos que percorrem um trilho de ar, TENDO POR BASE A TEORIA DE COLISÕES EM UMA DIMENSÃO vista na parte teórica desta disciplina. Esta análise permitirá que o estudante aprenda a distinguir entre os tipos de colisão na ausência de atrito e verifique a validade do princípio de conservação de momento linear e conservação de energia.

Materiais

- Trilho de ar linear
- Gerador de fluxo de ar
- Chave inversora
- Cronômetro digital
- Sensores fotoelétricos
- 2 Carrinhos deslizantes dotados de hastes verticais para bloqueio dos fotossensores
- Acessório para colisões elásticas (molas metálicas)
- Acessório para acoplamento inelástico (hastes com velcro / conector ponta-massa)
- Pesos de metal em forma de disco de 50g
- Balança
- Régua

Advertência

- Para não produzir arranhões na superfície do trilho de ar, nunca movimente os carrinhos sobre o mesmo sem que o gerador de fluxo de ar esteja funcionando.
- Verifique se a pista e a parte inferior do carrinho se encontram bem limpas; caso contrário, limpe-as com um pano úmido.
- Evite choques mecânicos fortes entre o carrinho e o trilho.
- Tenha cuidado com o equipamento. Uma queda de alguns centímetros pode inutilizar o carrinho por completo.

Procedimento Experimental

Você deve assistir o vídeo explicativo: <https://www.youtube.com/watch?v=z7i6pRdmVP4&t=15s>

O conjunto experimental é o mesmo utilizado nos experimentos 1 e 2, com a adição de um carrinho a mais para a realização das colisões. Na parte I, estudaremos as colisões elásticas e verificaremos a validade dos princípios de conservação do momento linear e da energia. Trataremos das colisões totalmente inelásticas na parte II, verificando a conservação do momento linear e a quantidade de energia dissipada de acordo com a teoria. Para isso, deverão ser medidas as velocidades dos carrinhos antes e depois da colisão, bem como as suas massas. Em ambas as partes do experimento, o carrinho 2 (o “alvo”) deverá estar sempre em repouso antes de cada colisão.

A configuração inicial do experimento está ilustrada no desenho da figura 1. Neste experimento vamos numerar os cinco fotossensores como 0, 1, 2, 3, 4, contando a partir da extremidade do trilho no qual um dos carrinhos vai ser inicialmente posto em movimento. O carrinho 2 está inicialmente em repouso próximo ao sensor 2 ou 3. O carrinho 1 se move com velocidade constante e seu movimento é medido entre os sensores 0 e 1. Ele colide com o carrinho 2 em uma colisão elástica (por causa das molas presas aos carrinhos), e o carrinho 1 para. O carrinho 2 começa a se mover com velocidade constante como resultado da colisão e seu movimento é medido entre os sensores 2 e 3 ou os sensores 3 e 4 (dependendo do kit no Laboratório). Desse modo, a distância entre os fotossensores 1 e 2 deve ser apenas um pouco maior que a distância mínima entre as hastes verticais dos carrinhos durante a colisão.

CUIDADO!!! É IMPRESCINDÍVEL QUE A COLISÃO OCORRA DEPOIS QUE O CARRINHO 1 (PROJÉTIL) TENHA ULTRAPASSADO O SENSOR 1 E QUE O CARRINHO 2 (ALVO) ESTEJA ESTACIONADO ANTES DO SENSOR 2 ou 3 (dependendo de quais dois sensores são usados para medir a velocidade final)!

Note também que utilizaremos neste experimento apenas 4 dos 5 sensores disponíveis.

Finalmente, serão consideradas apenas as distâncias e tempos entre os sensores 0 e 1 e entre os sensores 2 e 3 (ou os sensores 3 e 4).

Todas as grandezas **ANTES da colisão** referem-se ao **carrinho 1**, e todas as grandezas **DEPOIS** da colisão referem-se ao **carrinho 2**.

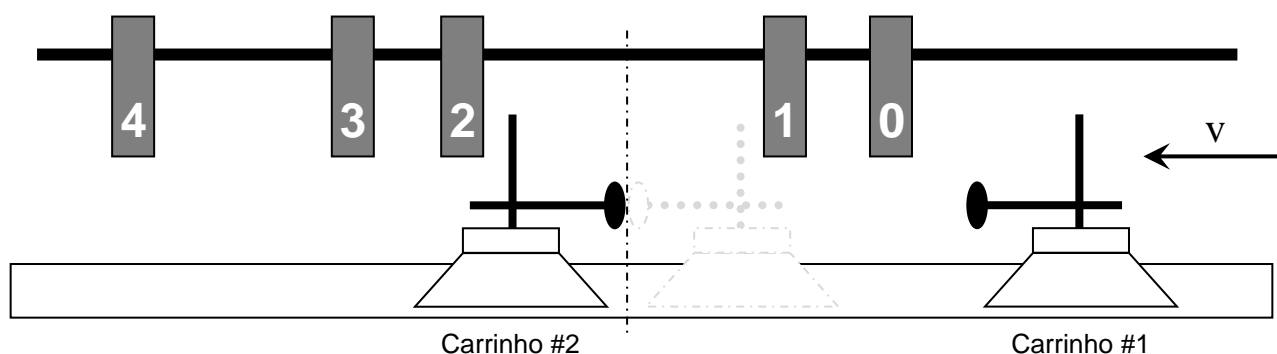


Figura 1. Diagrama esquemático do trilho de ar, com os carrinhos posicionados antes de cada colisão.

Preparação

1. Com o auxílio de uma régua, determine a distância entre os fotossensores. Note que estes últimos têm uma dimensão finita, a qual deve ser levada em conta ao se medir a distância entre eles. Com o auxílio de uma régua, determine os intervalos (distância) entre os fotodetectores. Para estimar a incerteza na determinação das distâncias L , efetuaremos três medidas, considerando:
 - **Medida 1:** distância centro a centro de cada módulo;
 - **Medida 2:** distância entre seus extremos mais distantes e
 - **Medida 3:** distância entre seus extremos mais próximos.

Adotaremos, para cada intervalo L , a média das três medidas acima. Anote os dados na Tabela 1.

2. Utilizando uma balança, meça as massas de cada carrinho e dos discos que serão utilizados.
3. Posicione os carrinhos no trilho, ligue o fluxo de ar e verifique se eles deslizam sem atrito aparente e sem trepidações.
4. Com o fluxo de ar ligado, verifique se o trilho está nivelado. Para isso, posicione um dos carrinhos no centro do trilho e veja se ele não se move preferencialmente para um dos lados. Se for necessário algum ajuste, chame um técnico.
5. Familiarize-se com os controles do cronômetro digital. Verifique se o mesmo está funcionando. Para isso, zere o cronômetro e, em seguida, obstrua os detectores com a mão em sequência, um a um. Efetuados os testes, zere o cronômetro novamente. Caso haja algum problema, chame o técnico do laboratório.

Medidas

Parte I – Colisões elásticas

1. Monte os carrinhos com o acessório para colisões elásticas (molas) de acordo com as instruções do professor.
2. Pese os dois carrinhos, e anote suas massas. Verifique que essas massas devem estar bastante próximas, para garantir que o carrinho 1 fique parado após a colisão.
3. Posicione o carrinho 1 (projétil) no início do trilho, preso ao eletroímã, e o carrinho 2 (alvo), pouco antes do terceiro sensor (sensor 2), em repouso.
4. Acione a chave inversora para liberar o carrinho 1 e anote os tempos relativos aos intervalos entre os sensores 0 e 1 e entre os sensores 2 e 3 (vide figura 1). Anote
5. Repita os passos 3 e 4 mais DUAS VEZES.

Parte II – Colisões inelásticas

1. Troque as molas dos carrinhos pelo acessório para acoplamento inelástico de acordo com as instruções do professor. Observe que, nesse caso, os carrinhos seguem unidos após a colisão.
2. Pese os dois carrinhos, e anote suas massas. Nesse caso, já não é relevante se essas duas massas são próximas ou não.

3. Posicione o carrinho 1 (projétil) no início do trilho, preso ao eletroímã, e o carrinho 2 (alvo), pouco antes do terceiro sensor (sensor 2), em repouso.
4. Acione a chave inversora para liberar o carrinho 1 e anote os tempos relativos aos intervalos entre os sensores 0 e 1 e entre os sensores 2 e 3 (vide figura 1).
5. Repita os passos 3 e 4 mais DUAS VEZES.