

Instituto de Física da USP

LABORATÓRIO DE FÍSICA A (4323201)

E2 – Choque Bidimensional

1. Objetivos

- Estudar a conservação do momento linear e da energia cinética em uma colisão elástica
- Familiarizar-se com as contas de incertezas

2. Introdução teórica

2.1 Momento linear¹

Para analisar colisões é necessário definir uma variável dinâmica, o momento linear de um corpo. O momento linear \vec{p} de um corpo é definido como sendo o produto da sua massa m pela sua velocidade \vec{v} :

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1)$$

Como é o produto de um vetor por um escalar, o momento linear é também um vetor. A segunda lei de Newton pode ser escrita como:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a} = \sum \vec{F} \quad (2)$$

onde \vec{a} é a aceleração do corpo e $\sum \vec{F}$ representa a força resultante que age sobre o corpo. Se nenhuma força age sobre o corpo, de modo que $\sum \vec{F} = 0$, o momento linear é conservado (a primeira lei de Newton).

Considere a colisão entre dois corpos em movimento no nosso sistema. Em qualquer instante de tempo, o momento linear total do sistema \vec{P} é dado por:

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 \quad (3)$$

onde \vec{p}_1 e \vec{p}_2 são o momento linear do corpo 1 e do corpo 2, respectivamente. A partir da derivada da equação (3) em relação ao tempo, obtém-se:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d\vec{p}_1}{dt} + \frac{d\vec{p}_2}{dt} = \sum \vec{F}_1 + \sum \vec{F}_2. \quad (4)$$

Antes e depois da colisão nenhuma força resultante age sobre os corpos e, portanto $d\vec{P}/dt = 0$. Durante a colisão, a única força que age sobre o corpo 1 é \vec{F}_{12} a qual é devida ao corpo 2 e, analogamente, a força que age sobre o corpo 2 é \vec{F}_{21} . Como as

duas forças de ação e reação devido à interação mútua dos dois corpos, $\vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} = 0$ (terceira lei de Newton) e em qualquer instante de tempo obtém-se:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = 0 \quad (5)$$

Isto é

$$\vec{P} = \text{constante.} \quad (6)$$

Supõe-se que o nosso sistema, composto de dois corpos, está isolado das suas vizinhanças, de modo que nenhuma força age sobre ambos os corpos durante a colisão, com exceção da força impulsiva que cada corpo exerce um sobre o outro. O corpo 1 com a massa m_1 move-se com as velocidades \vec{v}_1 e \vec{v}'_1 antes e depois da colisão e o corpo 2 com a massa m_2 , com as velocidades \vec{v}_2 e \vec{v}'_2 antes e depois da colisão. Portanto, o momento linear total antes da colisão do nosso sistema \vec{P} é dado por:

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 \quad (7)$$

e o momento linear total depois da colisão é:

$$\vec{P}' = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2. \quad (8)$$

A conservação do momento linear total do sistema é expressa por:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2. \quad (9)$$

2.2 Energia cinética e Colisões elástica e inelástica ^{1,2}

Há vários diferentes tipos de colisão. Na colisão “elástica” a energia cinética total dos corpos é a mesma antes e depois da colisão. A energia cinética é, em contraste ao momento linear, um escalar; a energia cinética total é a soma algébrica das energias cinéticas individuais de cada corpo. Para o nosso sistema de dois corpos a energia cinética total antes da colisão E_T e aquela depois da colisão E'_T são dadas por:

$$E_T = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \quad (10)$$

$$E'_T = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2. \quad (11)$$

Assim, para a colisão elástica, $E_T = E'_T$ em adição à equação (9).

A maioria das colisões ocorrendo na nossa vida real não é elástica. Alguma fração da energia cinética inicial dos corpos é usualmente convertida em outras formas de energia, energia associada com a deformação mecânica dos corpos, calor,

vibrações, rotações, etc., durante a colisão. Tais colisões são denominadas “inelásticas” e a energia cinética não é conservada. Por exemplo, uma grande fração da energia cinética inicial em um acidente automobilístico de dois veículos é convertida na energia mecânica provocando a deformação dos veículos. A equação (9) permanece válida para colisões inelásticas, desde que não haja nenhuma força externa.

3. Equipamento experimental³

O equipamento a ser utilizado consta de uma mesa de vidro (M) sobre a qual deslizam, sem atrito, dois discos metálicos (P) (Figura 1). Uma folha de papel encerado, onde são registradas as trajetórias dos discos, é fixada na parte inferior do teto metálico (T). Um compressor fornece ar a cada disco por meio de uma mangueira com um fio condutor de alta voltagem dentro. Este ar permite formar sob cada disco uma pequena camada que elimina o atrito entre o disco e o vidro da mesa. Entre a extremidade superior do disco e o teto, é aplicada uma alta voltagem pulsada, fornecida por um faiscador, com um período de 1/60 s, e uma faísca elétrica solta pode marcar a posição do disco no papel encerado. Atenção: Tome cuidado para não se levar choque elétrico com faiscador e para não quebrar o vidro da mesa.

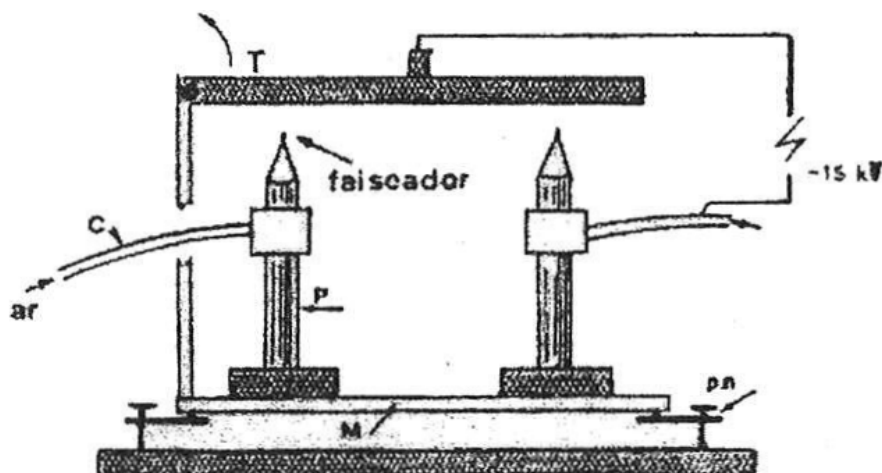


Figura 1. Esquema do equipamento utilizado, extraído da referência [3].

Referências:

- [1] FÍSICA 1, R. Resmock. D. Halliday, K.S. Krane, quinta edição, 2003, LTC Editora.
- [2] <http://farside.ph.utexas.edu/teaching/301lectures/node76.html>.
- [3] Apostila de laboratório: Física Geral e Experimental para Engenharia I, FEP 2195, Colisão Bidimensional, 2003.