



**Universidade de Brasília - UnB Gama**

Relatório de Física 1 Experimental

## **Experimento V**

### **Conservação do momento e colisões**

**Gustavo Marocolo Alves de Freitas - 211061823**

**João Vítor Costa Andrade - 211061977**

**Luiz Henrique da Silva Amaral - 211062160**

**Raquel Temóteo Eucaria Pereira da Costa - 202045268**

Brasília-DF, 19 de Setembro de 2022

# 1 Objetivos

Estudar a colisão elástica e inelástica entre dois carrinhos e verificar a validade do princípio da conservação do momento e da energia cinética.

## 2 Introdução Teórica

Como o objetivo é estudar as colisões dos carrinhos e os princípios da conservação do momento e da energia cinética, é necessário explicar esses dois princípios.

### 2.1 Momento

O momento pode ser descrito da seguinte maneira:

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

Em que  $\vec{P}$  é o momento,  $m$  é a massa e  $\vec{v}$  é a velocidade do objeto de estudo. O momento é uma grandeza vetorial que tem a mesma orientação da velocidade e tem unidade de medida no sistema internacional (SI) como quilograma-metro por segundo ( $\frac{kg*m}{s}$ ), porém no relatório será usado o grama-centímetro por segundo ( $\frac{g*cm}{s}$ ).

Uma força resultante aplicada em uma partícula faz com que seu momento seja alterado, e a única maneira de mudar o momento de um objeto é aplicar uma força resultante não-nula sobre ele. E considerando um sistema em que a força externa ao sistema é zero e que nenhuma partícula sai ou entra no sistema, podemos dizer que o momento é constante, assim o momento inicial é igual ao momento final ( $P_i = P_f$ ), e essa é a lei de conservação do momento linear. O momento de um sistema com duas ou mais partículas é igual à soma do momento individual das partículas que compõe o sistema.

$$P_{total} = \sum_i^n P_i \quad (2)$$

Ou seja, o momento do sistema é igual ao somatório de todos os  $n$  momentos das partículas.

## 2.2 Colisões

Quando dois corpos colidem e a energia cinética total não é alterada pela colisão, chamamos esse tipo de colisão é chamada de "colisão elástica". No dia-a-dia é comum observar outro tipo de colisão, em que a energia cinética é transformada em outro tipo de energia, como a térmica e a sonora, como pode ser visto na colisão de dois carros, por exemplo, e esse tipo de colisão é chamado de "colisão inelástica". Há também a "colisão perfeitamente inelástica" em que os corpos envolvidos na colisão permanecem juntos depois de colidirem, como um projétil de uma arma de fogo e um toco de madeira, que permanecerão juntos e inclusive terão uma aparente transformação de energia cinética em térmica, pois a área atingida pelo projétil na madeira ficará queimada.

Como dito acima, as colisões observadas no cotidiano são inelásticas, porém algumas podem ser consideradas aproximadamente elásticas, como a feita na primeira parte do experimento. Como na colisão elástica a energia cinética não é transformada em nenhum outro tipo de energia, podemos dizer que a energia cinética total inicial é igual à energia cinética total final ( $K_i = K_f$ ).

### 2.2.1 Colisão elástica

Como a colisão entre os carrinhos é elástica e as forças resistivas, como a força de atrito, são desprezadas, o momento e a energia cinética do sistema será conservada. Um carrinho A, com massa  $m_A$  e velocidade  $v_A$  é posto em movimento retilíneo uniforme (MRU) para colidir com um carrinho B, de massa  $m_B$  e velocidade  $v_B$ , que está inicialmente em repouso. As letras 'i' e 'f' representam o momento inicial e final, respectivamente, portanto quando falamos de uma velocidade  $v_i$ , estamos nos referindo a uma velocidade inicial de um corpo. Como o momento é conservado, os momentos inicial e final são iguais, assim:

$$P_i = P_f$$
$$m_A * v_{Ai} + m_B * v_{Bi} = m_A * v_{Af} + m_B * v_{Bf}$$

Mas como a velocidade inicial de B é igual a zero chegamos na seguinte fórmula:

$$m_A * v_{Ai} = m_A * v_{Af} + m_B * v_{Bf} \quad (3)$$

A energia cinética inicial será igual à final. Sendo a energia cinética igual à  $\frac{1}{2} * m * v^2$  e considerando que a energia cinética do sistema é igual à soma da energia cinética das partículas dentro do sistema, temos a seguinte fórmula:

$$\frac{1}{2} * m_A * v_{Ai}^2 = \frac{1}{2} * m_A * v_{Af}^2 + \frac{1}{2} * m_B * v_{Bf}^2 \quad (4)$$

Tendo em vista as equações 3 e 4, podemos chegar à fórmulas que descrevem a velocidade final de A e de B.

$$v_{Af} = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} * v_{Ai} \quad (5)$$

$$v_{Bf} = \frac{2m_A}{m_A + m_B} * v_{Ai} \quad (6)$$

### 2.2.2 Colisão perfeitamente inelástica

Nas colisões perfeitamente inelásticas o momento linear é conservado, porém a energia cinética não é, pois será convertida em outro tipo de energia. O carrinho A foi posto em MRU novamente para colidir com o carrinho B, e depois deles colidirem eles se movem juntos com a mesma velocidade. Assim podemos descrever a velocidade final dos dois corpos juntos assim:

$$v_{ABf} = \frac{m_A}{m_A + m_B} * v_{Ai} \quad (7)$$

Não podemos dizer que a energia cinética inicial é igual à final, mas podemos dizer que a energia cinética inicial só levará em conta dados do carrinho

A, pois ele é o único em movimento, e que no cálculo da energia cinética final serão usados a soma das massas e a velocidade dos dois carrinhos juntos.

$$K_i = \frac{1}{2} * m_A * v_{Ai}^2 \quad (8)$$

$$K_f = \frac{1}{2} * (m_A + m_B) * v_{ABf}^2 \quad (9)$$

Em que  $K_i$  e  $K_f$  são a energia cinética inicial e final, respectivamente.

## 3 Parte Experimental

### 3.1 Material a ser utilizado

- 01 trilho 120 cm;
- 01 cronômetro digital multifunções com fonte DC 12 V;
- 02 sensores fotoelétricos com suporte fixador (S1 e S2);
- 01 eletroímã com bornes e haste;
- 01 fixador de eletroímã com manípulo;
- 01 chave liga-desliga;
- 01 Y de final de curso com roldana raiada;
- 01 suporte para massas aferidas 19 g;
- 01 massa aferida 10 g com furo central de 2,5 mm de diâmetro;
- 02 massas aferidas 20 g com furo central de 2,5 mm diâmetro;
- 01 cabo de ligação conjugado;
- 01 unidade de fluxo de ar;
- 01 cabo de força tripolar 1,5 m;
- 01 mangueira aspirador 1,5 polegadas;
- 01 pino para carrinho para fixá-lo no eletroímã;
- 01 carrinho para trilho cor preta;
- 01 pino para carrinho para interrupção de sensor;
- 03 porcas borboletas;
- 07 arruelas lisas;
- 04 manípulos de latão 13 mm;
- 01 pino para carrinho com gancho;

## 4 Procedimentos

### 4.1 1° Parte - Colisão Elástica

1. Primeiramente foi medida as massas dos carrinhos A e B:

Massa do carrinho A (g)	Massa do carrinho B (g)
240	271

Tabela 1: Massas dos carrinhos

2. Averiguamos o eletroímã com a chave liga/desliga, os sensores S1 e S2, o cronômetro e o funcionamento do trilho. Conforme a figura:

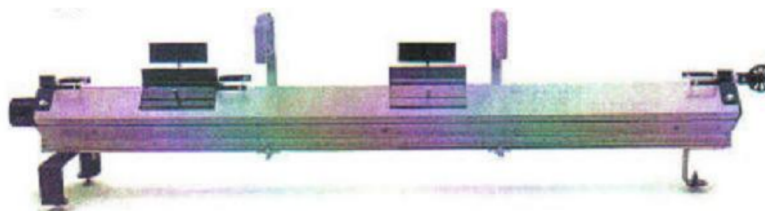


Figura 1: Montagem do sistema para colisões elásticas

3. Posicionamos na parte superior de cada carrinho uma placa retangular de 10 cm. Essas placas ao passarem pelos sensores do cronômetro, irão permitir ao cronômetro registrar o intervalo de tempo gasto para que essas placas passem pelos sensores, sendo possível então calcular as respectivas velocidades dos carrinhos. Assim foi selecionada a função F3 no cronômetro. Na qual irá registrar dois intervalos de tempos. O sensor S1 registrará o intervalo de tempo do carrinho A e o sensor S2 o intervalo de tempo do carrinho B. O cronômetro irá indicar dois intervalos de tempo  $t_1$  e  $t_2$ . O impulso a ser dado ao carrinho A para colidir com o carrinho B em repouso foi feito por meio de um peso (50g) que puxa um carrinho A por meio de uma corda e encosta em um suporte antes que o carrinho A passe pelo sensor S1, garantindo assim que o carrinho A entre em MRU antes da colisão com o carrinho B. Nessas condições realizamos 5 colisões e anotamos os respectivos intervalos de tempo na tabela abaixo:

Intervalos de tempo $\Delta t_1$ (s)	Intervalos de tempo $\Delta t_2$ (s)
0,093	0,112
0,100	0,116
0,096	0,119
0,097	0,115
0,096	0,115
tempo médio $\Delta \bar{t}_1$ (s)	tempo médio $\Delta \bar{t}_2$ (s)
0,096	0,115

Tabela 2: Intervalos de tempos para as colisões elásticas

4. A velocidade inicial do carrinho A será calculada com a fórmula:

$$v_{Ai} = \frac{10cm}{\Delta \bar{t}_1} = 103,73cm/s$$

5. Como o carrinho B tem  $v_{Bi} = 0$ , os tempos médidos em  $t_2$  pelo cronômetro permitirão calcular a velocidade final do carrinho B, através do cálculo:

$$v_{Bf} = \frac{10cm}{\Delta \bar{t}_2} = 86,66cm/s$$

6. Usamos a equação (5) para calcular a velocidade final do carrinho A. e obtvemos  $v_{Af} = -6,29cm/s$
7. Usamos a equação (6) para calcular a velocidade final do carrinho B. e Comparamos esse resultado com o valor calculado no item 6 acima, calculando o erro relativos entre eles. Obtendo assim  $v_{Bf} = 97,44cm/s$
8. Usamos a equação a seguir para calcular o momento inicial em  $\frac{g*cm}{s}$ :

$$P_i = m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = 24896,266$$

9. Calculamos também o momento final em  $\frac{g*cm}{s}$ :

$$P_f = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf} = 24896,266$$

10. Assim, observamos a conservação do momento, onde  $P_i = P_f$ .
11. Calculamos a energia cinética inicial  $K_i$  usando a equação (8) em ergs:

$$K_i = \frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2 = 1291300,081 \text{ ergs}$$



12. Em seguida a energia cinética final  $K_f$  usando a equação (9) em ergs:

$$K_f = \frac{1}{2}m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2}m_B v_{Bf}^2 = 1022236,562 \text{ ergs}$$

13. Por fim o erro relativo entre a energia cinética inicial e final usando:

$$E = \frac{|K_i - K_f|}{K_i} = 0,111 = 11,1\%$$

## 4.2 2° Parte - Colisão completamente inelástica

1. Repetimos as averiguações da 1° parte, preparamos e posicionamos os dois carrinhos sobre o trilho conforme a figura, retirando o fixador em U como elástico e fixando o pino com agulha no carrinho A e o pino com massa aderente no carrinho B.

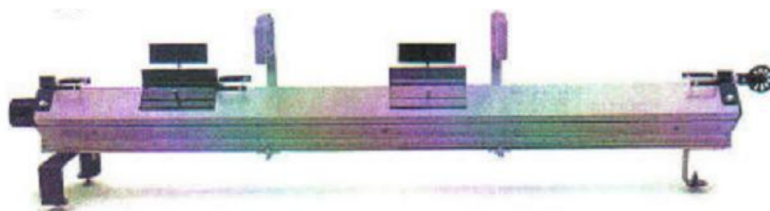


Figura 2: Montagem do sistema para colisões elásticas

2. Medimos novamente as massas dos dois carrinhos A e B.

Massa do carrinho A (g)	Massa do carrinho B (g)
229,0	258,5

Tabela 3: massas dos carrinhos

3. Mantivemos posicionado na parte superior de cada carrinho a placa retangular de 10 cm. A função F3 no cronômetro também foi mantida e repetimos os mesmos procedimentos que foram realizados nas colisões elásticas dando um impulso ao carrinho A para que entre em MRU para colidir com o carrinho B em repouso. Após a colisão pôde ser observado que a agulha do pino no carrinho A se prendeu-se à massa aderente no pino do carrinho B, e os dois se moveram colados um ao outro. Nessas condições realizamos 5 colisões e anotamos os respectivos intervalos de tempo na tabela abaixo:

Intervalos de tempo $\Delta t_1$ (s)	Intervalos de tempo $\Delta t_2$ (s)
0,126	0,333
0,116	0,333
0,116	0,325
0,126	0,342
0,124	0,333
tempo médio $\Delta \bar{t}_1$ (s)	tempo médio $\Delta \bar{t}_2$ (s)
0,122	0,333

Tabela 4: Intervalos de tempos para as colisões Inelásticas

4. A velocidade inicial do carrinho A será calculada com a fórmula:

$$v_{Ai} = \frac{10cm}{\Delta \bar{t}_1} = 82,24cm/s$$

5. Como o carrinho B tem  $v_{Bi} = 0$ , os tempos médidos em  $t_2$  pelo cronômetro permitirão calcular a velocidade final do carrinho B, através do cálculo a seguir. Lembre-se que essa velocidade é a mesma para o carrinho A.

$$v_{Bf} = \frac{10cm}{\Delta \bar{t}_2} = v_{ABf}$$

$$v_{Bf} = 30,01cm/s$$

6. Usamos a equação (7) para calcular a velocidade final do carrinho A. e obtvemos  $v_{Af} = 38,63\text{ cms/s}$ .
7. Usamos a equação a seguir para calcular o momento inicial em g cm/s:

$$P_i = m_A v_{Ai} = 18832,237$$

8. Calculamos também o momento final em g cm/s:

$$P_f = (m_A + m_B) v_{ABf} = 14630,852$$

9. Para obtermos o erro relativo entre o momento inicial e final usamos:

$$E = \frac{|P_i - P_f|}{P_i} = 0,223 = 22,3\%$$

10. Assim foi observado que o movimento não foi conservativo, com  $P_i$  maior que  $P_f$ .

11. Calculamos a energia cinética inicial  $K_i$  usando a equação (8) em ergs:

$$K_i = \frac{1}{2}m_A v_{Ai}^2 = 219550,605$$

12. Em seguida a energia cinética final  $K_f$  usando a equação (9) em ergs:

$$K_f = \frac{1}{2}(m_A + m_B)v_{ABf}^2 = 774351,844$$

13. Calculamos a quantidade  $Q$  de energia perdida na colisão totalmente inelástica usando:

$$Q = K_f - K_i = -554801,238$$

14. Observando uma perda de energia com o  $Q$  negativo.

15. Logo com os resultados, verificamos a equação:

$$\frac{K_f}{K_i} = \frac{m_A}{m_A + m_B}$$

$$\frac{K_f}{K_i} = 0,284$$

$$\frac{m_A}{m_A + m_B} = 0,470$$

## 5 Conclusão

A partir do experimento, analisando os tipos de colisões, podemos concluir o momento linear, as velocidades finais e a energia cinética de cada colisão, sendo a colisão elástica, caracterizada pela conservação do momento linear e da energia cinética e a colisão perfeitamente inelástica, caracterizada pela conservação do momento, porém, a energia cinética antes e depois da colisão é diferente, não sendo conservada.

Na primeira parte do experimento, foi observado dois carrinhos, um deles em MRU (carrinho A) e o outro inicialmente em repouso (carrinho B), e a partir disso, sabendo que foi uma colisão elástica, onde o momento linear e a energia cinética são conservadas, concluímos as fórmulas para tais cálculos: a do momento linear:  $m_A * v_{Ai} = m_A * v_{Af} + m_B * v_{Bf}$ , a da energia cinética:  $\frac{1}{2} * m_A * v_{Ai}^2 = \frac{1}{2} * m_A * v_{Af}^2 + \frac{1}{2} * m_B * v_{Bf}^2$ , e baseado nessas duas fórmulas, chegamos ao cálculo das velocidades finais de cada carrinho, a do carrinho A:  $v_{Af} = \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} * v_{Ai}$  e a do carrinho B:  $v_{Bf} = \frac{2m_A}{m_A + m_B} * v_{Ai}$ .

Na segunda parte do experimento, também foi observado dois carrinhos, onde um carrinho em MRU (carrinho A) colide com outro carrinho em repouso (carrinho B) e depois da colisão ambos se movem juntos com a mesma velocidade, porém, a colisão foi do tipo perfeitamente inelástica, no qual o momento linear é conservado mas a energia cinética inicial é diferente da final e a partir disso, conclui-se tais fórmulas, a da velocidade final dos dois corpos juntos:  $v_{ABf} = \frac{m_A}{m_A + m_B} * v_{Ai}$ , a da energia cinética inicial:  $K_i = \frac{1}{2} * m_A * v_{Ai}^2$  e a da energia cinética final:  $K_f = \frac{1}{2} * (m_A + m_B) * v_{ABf}^2$ .

## Referências

- [1] Halliday, D; Resnick, Robert. *Fundamentos de Física: Mecânica*, 10<sup>a</sup> Ed.