UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - UFES

Departamento de Física - CCE

Departamento de Informática - CT

Dionatas Santos Brito

Stefânio Soares Junior

Relatório experimental

Experimento A5: Colisões

Vitória, 25 de novembro de 2019

Dionatas Santos Brito

Stefânio Soares Junior

Relatório experimental

Experimento A5: Colisões

Relatório de experiência prática, realizada no Laboratório de Física do CCE, utilizado como critério avaliativo para obtenção de nota parcial na disciplina de Física Experimental no curso de Engenharia da Computação da Universidade Federal do Espírito Santo.

Prof. Dr. Thiago Eduardo Pedreira Bueno

Vitória, 25 de novembro de 2019

RESUMO

O presente relatório propõe discutir resultados obtidos experimentalmente para um procedimento proposto a respeito das colisões elásticas e inelásticas. Assim sendo, serão utilizados carrinhos com e sem massa acoplavel a fim de provocar colisões e medir os tempos de passagem nos sensores. Verificará-se que o momento linear se conversa em colisões elásticas e inelásticas, enquanto que, a energia cinética se conserva em colisões elásticas e em colisões inelásticas não.

Palavras-chave: Colisões. Elásticas. Inelásticas. Física Experimental. Mecânica Clássica.

SUMÁRIO

1. Introdução

Em sua definição a colisão é um evento isolado em que dois ou mais corpos exercem forças um sobre o outro em um tempo curto, podendo ser corpos físicos como bolas de sinuca ou a gravidade de um determinado planeta e um meteoro, em que se altera a intensidade, sentido e direção de suas velocidades.

Na física, para explicar o evento de uma colisão é necessário usar as leis de conservação da física em relação a conservação de momento linear, estabelecido por Descartes e da conservação da energia cinética, estabelecidos por Leibniz e Huygens, em um sistema isolado.

A conservação de momento linear, também chamada de quantidade de movimento o momento linear é dado pelo fórmula:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad \text{...[1]}$$

Em que p,m e v corresponde ao momento linear, massa e velocidade respectivamente, sendo uma grandeza vetorial de mesma direção e sentido do vetor velocidade.

Em um sistema isolado de duas partículas em que não existe forças externas, o sistema se movimenta de forma livre antes e depois da colisão,tendo assim, uma força resultante nula e logo o momento total antes da colisão é igual ao momento total inicial.

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}_{EXT} = 0 \quad \text{..[2]}$$

$$\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = Constante \quad \text{..[3]}$$

$$\vec{p}_{1i} + \vec{p}_{2i} = \vec{p}_{1f} + \vec{p}_{2f} \quad \text{...[4]}$$

$$m_1\vec{v}_{1i} + m_2\vec{v}_{2i} = m_1\vec{v}_{1f} + m_2\vec{v}_{2f}$$ ……………………………..........………………..[5]

A conservação da energia cinética em uma colisão em um sistema isolado se divide em duas partes, elástica e inelástica , onde na elastica toda energia mecânica é conservada,e na inelástica há perdas no sistema.

A equação que descreve o balanço de energia de uma colisão entre dois corpos é dada por :

$$\frac{m_1 v_{1i}^2}{2} + \frac{m_2 v_{2i}^2}{2} = \frac{m_1 v_{1f}^2}{2} + \frac{m_2 v_{2f}^2}{2} + \Delta U,$$ ....[6]

Em relação a colisão elástica em apenas uma dimensão em que um dos corpos esteja em repouso e o outro com velocidade inicial diferente de zero, a sua colisão pode ser descrita por :

$$v_{1f} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{1i}$$ ……………………………………………………………...……...………..[7]

$$v_{2f} = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{1i}$$ ……………………………………………………….…………….…………[8]

No caso de uma colisão perfeitamente inelástica, irá ocorrer a maior perda de energia do sistema, ocasionando em uma união dos corpos após o choque causado pela colisão, usando o exemplo de um corpo em repouso e o outro com velocidade diferente de zero, o resultado da energia cinética final do sistema pode ser representado pela equação:

$$K_f = \frac{1}{2} \frac{m_1^2}{m_1 + m_2} v_{1i}^2$$ …………………………………………………………………………….[9]

E a energia perdida no sistema é dado pela fórmula :

$$\Delta U = \Delta K = \frac{m_2}{m_1+m_2} K_i \quad \text{...[10]}$$

Com base no estudo de colisão, neste relatório iremos verificar e comprovar a ideia de colisões elásticas entre massas diferentes e a colisão perfeitamente inelásticas de forma experimental com o uso de carrinhos e trilho de ar usando os conceitos introduzidos no curso de Introdução à Mecânica Clássica.

É importante, também o conhecimento da seguinte fórmula:

$$v_{i_{s_0}} = \frac{0{,}018}{t_i}\frac{m}{s} \quad \text{...[11]}$$

Ela será de demasiada importância no cálculo das velocidades médias. Como cada obstrução do carrinho tem 0,018m de espaçamento esse valor é mantido constante.

2. Procedimento Experimental

- **MATERIAIS UTILIZADOS**

(i) Trilho de ar com unidade geradora de fluxo (compressor de ar)

(ii) Dois carros de massas diferentes;

(iii) Dois sensores fotoelétricos;

(iv) Duas réguas obturadoras de luz;

(v) Multicronômetro digital;

(vi) Ferrite e molas;

(vii) Suporte e nível bolha;

(viii) 01 Suporte para acoplamento perfeitamente inelástico;

(ix) 08 massas acopláveis.

- **PROCEDIMENTO COLISÃO ELÁSTICA**

Inicialmente medimos as massas dos dois carrinhos (m1 e m2) para realizar o experimento de colisão elástica , anotamos na folha de dados e posicionamos os sensores S0 e S1 de forma que interferisse no lançamento do carrinho 1.

Em seguida selecionamos no multicronômetro a Função F8 Choq-Elas 2 Sens, para permitir que os sensores S0 e S1 medirem 20 a 10 tempos de passagem, sendo que o sensor S0 iria detectar os 10 tempos de passagem do carrinho 1 e mais 10 tempos de passagem na volta após a colisão.

Após a escolha da função no multicronômetro, com o carrinho 2 em repouso puxamos a mola e soltamos para impulsionar o carrinho 1, com os tempos gravados nos sensores S0 e S1 do multicronômetro anotamos nas Tabelas 1 e 2.

- **PROCEDIMENTO COLISÃO INELÁSTICA**

Para o experimento de colisão inelástica, substituímos a mola do carrinho 1 e o ferrite do carrinho 2 pelo suporte acoplável para que ocorra a colisão totalmente inelástica e resulte na “junção” de ambos os carrinhos após a colisão.

Medimos as massas dos dois carrinhos novamente e anotamos a medição na Tabela 2, em seguida selecionamos a Função F7 – Choq-Inel 2 Sens no multicronômetro para gravar 10 intervalos de tempos nos sensores S0 e S1.

Realizamos o experimento e com os intervalos de tempos gravados nos dois sensores S0 e S1 do multicronômetro anotamos na Tabela 3.

3. Análise dos dados e discussões

- **COLISÃO ELÁSTICA**

Em um primeiro momento, na primeira parte do experimento, na tratativa da colisão elástica, tem-se que a massa do carrinho de número 1 é de (250,91±0,01)g. Como dito, não há massa acoplada nele. Obtém-se dois conjuntos de tempos, tabelados abaixo, a primeira coluna refere-se ao tempo de ida do carrinho, obstrução à obstrução. A segunda, por sua vez, ao tempo de volta, idem.

Carrinho 1 - ida	Carrinho 2 - volta
ti - m1 (s) >	**tf - m1 (s) <**
0,05660	0,57910
0,11420	0,98460
0,17235	1,18845
0,23030	1,39710
0,28830	1,60630
0,34630	1,81740
0,40445	2,03065
0,46280	2,24400
0,52100	2,45675
0,57910	2,66805

Tabela 1 - Tempo de passagem para cada detecção no sensor S0 na ida e logo na volta do carrinho 1. Não há massa acoplada e o carrinho pesa sozinho (250,91±0,01)g.

Com os dados em mãos é possível, ainda, obter as velocidades média em cada obstrução, fazendo uso da fórmula 11. Além disso, é possível e obter a médias das velocidades médias e o desvio padrão que será o erro médio ou propagação da incerteza:

Obstrução	V. média carrinho 1 - Ida	V. média carrinho 1 - Volta
	V. média - m1 (m/s) >	**V. média - m2 (m/s) <**
1	0,32	0,031
2	0,31	0,044
3	0,31	0,088
4	0,31	0,086
5	0,31	0,086
6	0,31	0,085
7	0,31	0,084
8	0,31	0,084
9	0,31	0,085
10	0,31	0,085
V. média	**0,31**	**0,076**
D. Padrão	**0,0058**	**0,038**

Tabela 1.1 - Velocidades médias em cada obstrução, média das velocidades médias e desvio padrão na ida e, logo, na volta.

Assim, a velocidade média do carrinho 1 ida foi de **(0,31±0,0058)**m/s e, na volta, **(0,076±0,038)**m/s.

Após a colisão, foi esperado um impulso do carrinho 1 para o carrinho 2 ou seja, transferência de energia. O carrinho 2 ao ser impulsionado tende a seguir a trajetória. É válido ressaltar que, o carrinho 2 tem (243,49±0,01)g de massa e (399,99±0,08)g de massa acoplada, totalizando (643,48±0,1)g de massa. Ao passar pelo sensor S1, foram obtidos tempos obtidos para cada uma das 10 obstruções:

Carrinho 2 - após colisão
ti - m2 (s) >
1,29420
1,40905
1,52575
1,64220
1,75845
1,87450
1,98985
2,10550
2,22100
2,33625

Tabela 2 - Tempo de passagem para cada detecção no sensor S1 do carrinho 2. Há massa acoplada e o carrinho tem massa total (massa do carrinho + massa acoplada) de (643,48±0,1)g.

Com os dados em mãos é possível, ainda, obter as velocidades média em cada obstrução, com o auxílio da fórmula 11. Além disso, é possível e obter a médias das velocidades médias e o desvio padrão que será o erro médio ou propagação da incerteza:

Obstrução	V. média carrinho 2
	V. média - m2 (m/s) >
1	0,014
2	0,16
3	0,15
4	0,15
5	0,15
6	0,16
7	0,16
8	0,16
9	0,16
10	0,16
V. média	**0,085**
D. Padrão	**0,10**

Tabela 2.1 - Velocidades médias em cada obstrução, média das velocidades médias e desvio padrão do carrinho 2, após a colisão e passagem pelo sensor 1.

Assim, é possível admitir que, a velocidade média do carrinho 2 foi de **(0,085±0,10)m/s**.

Da equação 5, é possível verificar a conservação do momento linear. Temos que:

$$m1 = (250,91 \pm 0,01)g = (0,25091 \pm 0,0000001)kg;$$

$$m2 = (250,91 \pm 0,01)g = (0,64348 \pm 0,000001)kg;$$

$$v1i = (0,31 \pm 0,0058)m/s;$$

$$v2i = (0,00 \pm 0,00)m/s;$$

$$v1f = (0,076 \pm 0,038)m/s;$$

$$v2f = (0,085 \pm 0,10)m/s;$$

Equacionando o lado esquerdo da equação, temos que:

$$p1 = m1v1i + m2v2i \ = [(0,25091 \pm 0,0000001)kg * (0,31 \pm 0,0058)m/s] +$$
$$+[(0,64348 \pm 0,000001)kg * (0,00 \pm 0,00)m/s] = (0,078 \pm 0,0015)N.m$$

Equacionando o lado direito da equação, obtemos:

$$p2 = m1v1f + m2v2f = [(0,25091 \pm 0,0000001)kg * (0,076 \pm 0,038)m/s] =$$
$$+[(0,64348 \pm 0,000001)kg * (0,085 \pm 0,10)m/s] =$$
$$= (0,020 \pm 0,010)N.m + (0,055 \pm 0,06)N.m = (0,075 \pm 0,070)N.m.$$

O lado esquerdo e direito da equação, assim, se igualam usando os resultados obtidos experimentalmente e considerando suas respectivas propagação das incertezas. O lado esquerdo se iguala à **(0,078±0,0015)N.m** e o direito à **(0,075±0,070)N.m**. Logo, houve conservação do momento linear, assim, p1 ≅ p2.

Agora, pela equação 6, desconsiderando a variação da energia interna do sistema, é possível verificar se a variação de energia cinética inicial Ki do sistema é igual à variação de energia cinética final do sistema Kf.

Equacionando o lado esquerdo da equação, obtém-se:

$$Ki = \frac{m1v1i^2 + m2v2i^2}{2} = \frac{(0,25091 \pm 0,0000001)kg * (0,31 \pm 0,0058)^2 m/s}{2} +$$
$$+ \frac{(0,64348 \pm 0,000001)kg * (0,00 \pm 0,00)m/s}{2} = (0,012 \pm 0,00090)J.$$

Equacionando o lado direito da equação, obtém-se:

$$Kf = \frac{m1v1f^2 + m2v2f^2}{2} = \frac{(0,25091 \pm 0,0000001)kg * (0,076 \pm 0,038)^2 m/s}{2} +$$
$$+ \frac{(0,64348 \pm 0,000001)kg * (0,085 \pm 0,10)^2 m/s}{2} =$$
$$= (0,01907 \pm 0,010)J + (0,0050 \pm 0,11)J = (0,012 \pm 0,12)J.$$

Os dois lados da equação, assim, se igualam. Com isso, é passível de admissão que há conservação da energia cinética em colisões elásticas. Ki foi igual à **(0,012±0,00090)J** e o lado direito da equação, Kf, foi igual à **(0,012±0,12)J**. Logo Ki ≅ Kf.

Caso as massas fossem iguais, conhecimento como resultado da sinuca[1], os corpo 2 seguiria trajetória e o corpo 1, inicialmente em movimento pararia totalmente.

- **COLISÃO INELÁSTICA**

Em um segundo momento, na segunda parte do experimento, na tratativa da colisão inelástica, tem-se que a massa do carrinho de número 1 e do carrinho 2 de (229,96±0,01)g, (239,83±0,01)g respectivamente,sendo que no carrinho 2 havia 8 massas acopladas com aproximadamente (399,95±0,01)g. Obtém-se dois conjuntos de tempos, tabelados abaixo, a primeira coluna refere-se ao tempo do carrinho 1 pré-colisão, obstrução à obstrução. A segunda, por sua vez, ao tempo do carrinho 1 e 2 pós-colisão, idem.

Carrinho 1 - pré-colisão	**Carrinho 1 e 2 - pós-colisão**
ti - m1 (s) >	**tf - m1 e m2 (s) <**
0,05040	1,38270
0,10155	1,56300
0,15295	1,74540
0,20430	1,92635
0,25590	2,10570
0,30750	2,28340
0,35910	2,45935
0,41080	2,63450
0,46260	2,80870
0,51430	2,98180

Tabela 3 - Tempo de passagem para cada detecção dos carrinhos no sensor S0 na pré e pós condição.

Obstrução	V. média carrinho 1 - Ida	V. média carrinhos - Colisão
	V. média - m1 (m/s) >	**V. média - m1 e m2 (m/s) <**
1	0,36	0,013
2	0,35	0,10
3	0,35	0,099
4	0,35	0,099
5	0,35	0,10
6	0,35	0,10
7	0,35	0,10
8	0,35	0,10
9	0,35	0,10
10	0,35	0,10
V. média	**0,35**	**0,093**
D. Padrão	**0,0064**	**0,064**

Tabela 3.1 - Velocidades médias em cada obstrução, média das velocidades médias e desvio padrão do carrinho 1 (pré colisão), do carrinho 1 e 2 (pós colisão), após a passagem pelo sensor 1.

Com os dados da Tabela 3 em mãos e com o auxílio da equação 1, levando em conta que o pós-colisão é a soma de todas as massas envolvidas, obtém a seguinte tabela 3.2.

Momento Linear pré-colisão	Momento Linear pós-colisão
0,080 ± 0,00148	0,080 ± 0,06496

Tabela 3.2 - Momento lineares antes e após a colisão

Com base nos resultados obtidos experimentalmente e considerando suas respectivas propagação das incertezas. o momento linear na pré colisão se iguala à **(0,080 ± 0,0014)N.m** e o pós colisão à **(0,080 ± 0,064)N.m**. Logo, houve conservação do momento linear, assim, pré-colisão ≅ após-colisão.

Em relação a energia Cinética, utilizando a equação 6 e novamente desconsiderando a variação da energia interna do sistema, substituindo valores e realizando cálculos análogos,obtém a seguinte tabela 3.3:

$$Ki = \frac{m1v1i^2 + m2v2i^2}{2} \quad Kf = \frac{m1v1f^2 + m2v2f^2}{2}$$

Energia Cinética pré-colisão	Energia Cinética pós-colisão
0,00475 ± 0.00103	0,03860 ± 0,00792

Tabela 3.3 - Energia Cinética durante o experimento

Ambos resultados são distintos, pois na pré colisão havia **(0,00475±0.00103)J**, e na pós colisão **(0,03860±0,00792)J,** com base nos resultados obtidos, houve uma diferença bem significativa em relação ao antes e depois da colisão, configurando assim um sistema inelástico com grande perda de sua energia cinética, conhecido com colisão totalmente inelástica.

Como foi demonstrado na primeira parte do experimento, colisão elástica, houve conservação de energia cinética e de momento, já no segundo experimento de colisão inelástica, igualmente no primeiro, conserva-se o momento linear do sistema, entretanto se diferencia por ter uma perda significativa de energia cinética do sistema.

4. Conclusão

O estudo das colisões não se restringem apenas a práticas experimentais em laboratório. Na natureza muitos são os fenômenos que são estudados baseando-se nessa teoria. Os estudos dos meteoros, estratégias em jogos como sinuca, beisebol ou hóquei: muitas são as aplicações. Nesse sentido, é motivação suficiente o estudo das colisões mediante a todas aplicações citadas. Neste experimento, foi possível verificar que o momento linear se conserva nas colisões elásticas e inelásticas. O momento linear inicial para o experimento envolvendo a colisão elástica foi de **(0,078±0,0015)N.m** e o final foi de **(0,075±0,070)N.m**, valores que se encontram dentro de suas incertezas e podem ser considerados aproximadamente iguais. Ainda neste primeiro momento, foi verificado que a energia cinética se mantém constante: **(0,012±0,00090)J** e **(0,012±0,012)J** foram os valores obtidos. Já para a colisão inelástica, os momentos lineares inicial e final foram de **(0,080±0,0014)N.m** e **(0,080±0,064)N.m**, respectivamente. As energias cinéticas inicial e final foram de **(0,0047±0.0010)J** e **(0,038±0,0079)J**, respectivamente, sendo assim, a energia não se conserva e Ki<Kf para colisões inelásticas, como esperado.

5. Bibliografia

[1]HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. Fundamentos de Física: mecânica. Volume 1. 8ª edição. Editora LTC, 2009.