

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
BACHARELADO EM MATEMÁTICA**

**LABORATÓRIO DE FÍSICA I  
RELATÓRIO VI**

**Fabício Yuri Costa da Silva - 21454545  
Gabriel Bezerra de M. Armelin - 21550325  
Jonas Miranda Cascais Júnior - 21553844  
Laise Alves Pimentel - 21202395  
Mario Alves Pardo Junior - 21553964**

**Professor: José Pedro Cordeiro**

**Manaus  
2016**

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Procedimento Experimental</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Análise de Dados</b>	<b>5</b>
3.1	Experimento de colisão elástica . . . . .	5
3.1.1	Dados do experimento . . . . .	5
3.1.2	Cálculo das velocidades . . . . .	6
3.1.3	Cálculo dos momentos lineares . . . . .	6
3.1.4	Cálculo das energias cinéticas . . . . .	7
3.1.5	Soma dos momentos lineares e energia cinéticas . . . . .	7
3.1.6	Coeficiente de restituição . . . . .	8
3.2	Experimento de colisão inelástica . . . . .	8
3.2.1	Dados do experimento . . . . .	8
3.2.2	Cálculo das velocidades . . . . .	8
3.2.3	Cálculo dos momentos lineares . . . . .	9
3.2.4	Cálculo das energias cinéticas . . . . .	9
3.2.5	Soma dos momentos lineares e energia cinéticas . . . . .	10
3.2.6	Coeficiente de restituição . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Conclusão</b>	<b>11</b>
	<b>Referências</b>	<b>12</b>

# 1. Introdução

Este relatório descreve e analisa o experimento realizado em sala de aula na disciplina *Laboratório de Física I* do curso de Bacharelado em Matemática.

## 2. Procedimento Experimental

Para o experimento de colisão elástica:

1. Fixe um anteparo de 100 mm na parte de cima de cada planador.
2. Use um anteparo com liga elástica no planador 1, e um anteparo de 10 mm planador 2, eles são fixado na extremidade lateral dos planadores que haverá a colisão.
3. Meça a massa de cada planador e coloque na Tabela 6.1.
4. Posicione o planador 1 junto ao dispositivo de liberação, e o planador 2 entre as duas barreiras de luz, como mostra a Figura 6.1.
5. Acione o dispositivo de liberação, e anote os tempos indicados na Tabela 6.1.
6. Repita esse procedimento duas vezes, aumentando a massa do primeiro planador, com 20 g (10 g de cada lado do planador).

Para o experimento de colisão inelástica:

1. Fixe um anteparo de 100 mm na parte de cima de cada planador.
2. Use um anteparo com agulha no planador 1, e um anteparo com massa no planador 2, eles são fixado na extremidade lateral dos planadores que haverá a colisão.
3. Meça a massa de cada planador e coloque na Tabela 6.2.
4. Posicione o planador 1 com junto ao dispositivo de liberação, e o planador 2 entre as duas barreiras de luz, como mostra a Figura 6.1.
5. Acione o dispositivo de liberação, e anote os tempos indicados nos cronômetros na Tabela 6.2.
6. Repita esse procedimento duas vezes, aumentando a massa do primeiro planador, com 20 g (10 g de cada lado do planador).

## 3. Análise de Dados

Esta seção apresenta os dados e cálculos em cada atividade descrita na seção *Parte Experimental*.

### 3.1 Experimento de colisão elástica

Esta seção apresenta os dados coletados, os cálculos de velocidades, os cálculo dos momentos lineares e os cálculos de energia cinética dos planadores antes e depois da colisão do experimento de colisão elástica.

#### 3.1.1 Dados do experimento

Esta seção apresenta os dados coletados durante o experimento de colisão elástica. A massa do planador 1 é de  $0.2103\text{kg}$  e do planador 2 é  $0.1937\text{kg}$ . A tabela seguinte apresenta os dados coletados:

Tabela 3.1: Tempos em segundos dos planadores para as diferentes massas adicionados ao planador 2.

	P1T1.100	P1T2.100	P2T2.100	P1T1.120	P1T2.120	P2T2.120	P1T1.140	P1T2.140	P2T2.140
Amostra 1	0.1780	1.8630	0.2180	0.1820	1.2040	0.2310	0.1750	1.0390	0.2310
Amostra 2	0.1700	1.4410	0.2080	0.1690	0.9690	0.2160	0.1710	0.8620	0.2760
Amostra 3	0.1710	1.6330	0.2070	0.1720	1.4160	0.2160	0.1720	1.1000	0.2250
Média	0.1730	1.6457	0.2110	0.1743	1.1963	0.2210	0.1727	1.0003	0.2440

Onde:

A letra  $P$  significa planador  $P1$  e  $P2$  são as planadores 1 e 2 respectivamente. A letra  $T$  significa tempo.  $T1$ ,  $T2$  são os tempos antes e após a colisão respectivamente. Os número após o *ponto* significam as massas adicionadas na planadores 2 em gramas. Portanto, a lista abaixo explica em detalhes o significado das variáveis:

P1T1.100, P1T1.120 e P1T1.140: representam os tempos antes da colisão em segundos do planador 1 para as massas de 0.100 kg, 0.120 kg e 0.140kg adicionadas na planadores 2;

P1T2.100, P1T2.120 e P1T2.140: representam os tempos depois da colisão em segundos do planador 1 para as massas de 0.100 kg, 0.120 kg e 0.140kg adicionadas na planador 2;

P2T2.100, P2T2.120 e P2T2.140: representam os tempos depois da colisão em segundos do planador 2 para as massas de 0.100 kg, 0.120 kg e 0.140kg adicionadas na planador 2;

Consolidando os tempos médios (última linha da tabela acima) com as massas dos planadores, pode-se montar a seguinte tabela:

Neste experimento, os tempos depois da colisão para o planador 2 não precisaram que fossem coletados e, portanto, eles estão apresentados com o valor 0.

Tabela 3.2: Experimento elástico.

	Dados1.Planador1	Dados1.Planador2	Dados2.Planador1	Dados2.Planador2	Dados3.Planador1	Dados3.Planador2
massa dos planadores (kg)	0.2103	0.2937	0.2103	0.3137	0.2103	0.3337
tempo antes da colisão (s)	0.1730	0.0000	0.1743	0.0000	0.1727	0.0000
tempo depois da colisão (s)	1.6457	0.2110	1.1963	0.2210	1.0003	0.2440

### 3.1.2 Cálculo das velocidades

Esta seção apresenta o procedimento realizado para o cálculo das velocidades dos planadores.

Para o cálculo da velocidade antes e após a colisão do planador 1 e 2, utilizamos a seguinte fórmula:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (3.1)$$

Onde:

$\Delta x$ : é o deslocamento de 0.1m referente ao comprimento dos anteparos que foram posicionados nos planadores.

$\Delta t$ : é o intervalo de tempo para percorrer o anteparo que foi posicionado no planador.

Tabela 3.3: Experimento elástico.

	Dados1.Planador1	Dados1.Planador2	Dados2.Planador1	Dados2.Planador2	Dados3.Planador1	Dados3.Planador2
massa dos planadores (kg)	0.2103	0.2937	0.2103	0.3137	0.2103	0.3337
tempo antes da colisão (s)	0.1730	0.0000	0.1743	0.0000	0.1727	0.0000
tempo depois da colisão (s)	1.6457	0.2110	1.1963	0.2210	1.0003	0.2440
velocidade antes da colisão (m/s)	0.5780	0.0000	0.5736	0.0000	0.5792	0.0000
velocidade depois da colisão (m/s)	0.0608	0.4739	0.0836	0.4525	0.1000	0.4098

### 3.1.3 Cálculo dos momentos lineares

Esta seção apresenta o procedimento realizado para o cálculo dos momentos lineares dos planadores.

Foi utilizada a fórmula abaixo para a realização do cálculo dos momentos lineares antes e depois da colisão dos planadores 1 e 2.

$$\vec{p} = m \times \vec{v} \quad (3.2)$$

Onde:

$\vec{p}$ : é o momento linear que deseja-se calcular;

$m$ : é a massa do planador 1 ou do planador 2;

$\vec{v}$ : é a velocidade do planador 1 ou 2 e antes ou depois da colisão;

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 3.4: Experimento elástico.

	Dados1.Planador1	Dados1.Planador2	Dados2.Planador1	Dados2.Planador2	Dados3.Planador1	Dados3.Planador2
massa dos planadores (kg)	0.2103	0.2937	0.2103	0.3137	0.2103	0.3337
tempo antes da colisão (s)	0.1730	0.0000	0.1743	0.0000	0.1727	0.0000
tempo depois da colisão (s)	1.6457	0.2110	1.1963	0.2210	1.0003	0.2440
velocidade antes da colisão (m/s)	0.5780	0.0000	0.5736	0.0000	0.5792	0.0000
velocidade depois da colisão (m/s)	0.0608	0.4739	0.0836	0.4525	0.1000	0.4098
momento antes da colisão (kg.m/s)	0.1216	0.0000	0.1206	0.0000	0.1218	0.0000
momento depois da colisão (kg.m/s)	0.0128	0.1392	0.0176	0.1419	0.0210	0.1368

### 3.1.4 Cálculo das energias cinéticas

Esta seção apresenta o procedimento realizado para o cálculo energias cinéticas dos planadores.

Foi utilizada a fórmula abaixo para a realização do cálculo das energias cinéticas antes e depois da colisão dos planadores 1 e 2.

$$E_{cin} = \frac{1}{2} \times m \times \vec{v}^2 \quad (3.3)$$

Onde:

$E_{cin}$ : energia cinética que deseja-se calcular;

$m$ : massa do planador 1 ou 2;

$\vec{v}$ : velocidade do planador 1 ou 2, e antes ou depois da colisão;

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 3.5: Experimento elástico.

	Dados1.Planador1	Dados1.Planador2	Dados2.Planador1	Dados2.Planador2	Dados3.Planador1	Dados3.Planador2
massa dos planadores (kg)	0.2103	0.2937	0.2103	0.3137	0.2103	0.3337
tempo antes da colisão (s)	0.1730	0.0000	0.1743	0.0000	0.1727	0.0000
tempo depois da colisão (s)	1.6457	0.2110	1.1963	0.2210	1.0003	0.2440
velocidade antes da colisão (m/s)	0.5780	0.0000	0.5736	0.0000	0.5792	0.0000
velocidade depois da colisão (m/s)	0.0608	0.4739	0.0836	0.4525	0.1000	0.4098
momento antes da colisão (kg.m/s)	0.1216	0.0000	0.1206	0.0000	0.1218	0.0000
momento depois da colisão (kg.m/s)	0.0128	0.1392	0.0176	0.1419	0.0210	0.1368
energia cinética antes da colisão (J)	0.0351	0.0000	0.0346	0.0000	0.0353	0.0000
energia cinética depois da colisão (J)	0.0004	0.0330	0.0007	0.0321	0.0011	0.0280

### 3.1.5 Soma dos momentos lineares e energia cinéticas

Esta seção apresenta o procedimento realizado para o cálculo da soma dos momentos lineares e das energias cinéticas para cada planador.

Para os grupos *Dados 1*, *Dados 2* e *Dados 3* foram realizados a soma das energias e momentos lineares antes e depois da colisão. A tabela seguinte apresenta os resultados obtidos:

Tabela 3.6: Experimento elástico.

	Dados1	Dados2	Dados3
soma dos momentos antes da colisão (kg.m/s)	0.1216	0.1206	0.1218
soma dos momentos depois da colisão (kg.m/s)	0.1520	0.1595	0.1578
soma das energias cinética antes da colisão (J)	0.0351	0.0346	0.0353
soma das energias cinética depois da colisão (J)	0.0334	0.0328	0.0291

### 3.1.6 Coeficiente de restituição

Esta seção apresenta o cálculo do coeficiente de restituição.

A fórmula seguinte foi utilizada para obter o valor do coeficiente de restituição.

$$e = \frac{|v_a' - v_b'|}{|v_a - v_b|} \quad (3.4)$$

O valor de  $e$  obtido foi:

$$0.7148$$

## 3.2 Experimento de colisão inelástica

Esta seção apresenta os dados coletados, os cálculos de velocidades, os cálculo dos momentos lineares e os cálculos de energia cinética dos planadores antes e depois da colisão do experimento de colisão inelástica.

### 3.2.1 Dados do experimento

Esta seção apresenta os dados coletados durante o experimento de colisão elástica. A massa do planador 1 é de  $0.2103kg$  e do planador 2 é  $0.1937kg$ . A tabela seguinte apresenta os dados coletados:

Tabela 3.7: Experimento inelástico.

	Dados1.Planador1	Dados1.Planador2	Dados2.Planador1	Dados2.Planador2	Dados3.Planador1	Dados3.Planador2
1	0.1700	0.3800	0.1820	0.3830	0.1840	0.3920
2	0.1770	0.3900	0.1790	0.3710	0.1830	0.3820
3	0.1710	0.3480	0.1770	0.4000	0.1860	0.4090
Média	0.1727	0.3727	0.1793	0.3847	0.1843	0.3943

A tabela acima mostra os tempos coletados e a média dos tempos na última linha. O valor médio será utilizado nos próximos calculos. A tabela seguinte, mostra o valor médio dos tempos com as respectivas massas.

Tabela 3.8: Experimento inelástico.

	Dados1.Planador1	Dados1.Planador2	Dados2.Planador1	Dados2.Planador2	Dados3.Planador1	Dados3.Planador2
massa dos planadores (kg)	0.2103	0.1937	0.2103	0.2137	0.2103	0.2337
tempo antes da colisão (s)	0.1727	0.0000	0.1793	0.0000	0.1843	0.0000
tempo depois da colisão (s)	0.3727	0.3727	0.3847	0.3847	0.3943	0.3943

Conforme apresentado na tabela acima, não foi coletado o tempo antes da colisão para o planador 2. Também não foi coletado o tempo depois da colisão para o planador 1.

### 3.2.2 Cálculo das velocidades

Esta seção apresenta o procedimento realizado para o cálculo das velocidades dos planadores.

Para o cálculo da velocidade antes e após a colisão do planador 1 e 2, utilizamos a seguinte fórmula:



$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (3.5)$$

Onde:

$\Delta x$ : é o deslocamento de 0.1m referente ao comprimento dos anteparos que foram posicionados nos planadores.

$\Delta t$ : é o intervalo de tempo para percorrer o anteparo que foi posicionado no planador.

Tabela 3.9: Experimento inelástico.

	Dados1.Planador1	Dados1.Planador2	Dados2.Planador1	Dados2.Planador2	Dados3.Planador1	Dados3.Planador2
massa dos planadores (kg)	0.2103	0.1937	0.2103	0.2137	0.2103	0.2337
tempo antes da colisão (s)	0.1727	0.0000	0.1793	0.0000	0.1843	0.0000
tempo depois da colisão (s)	0.3727	0.3727	0.3847	0.3847	0.3943	0.3943
velocidade antes da colisão (m/s)	0.5792	0.0000	0.5576	0.0000	0.5425	0.0000
velocidade depois da colisão (m/s)	0.2683	0.2683	0.2600	0.2600	0.2536	0.2536

### 3.2.3 Cálculo dos momentos lineares

Esta seção apresenta o procedimento realizado para o cálculo dos momentos lineares dos planadores.

Foi utilizada a fórmula abaixo para a realização do cálculo dos momentos lineares antes e depois da colisão dos planadores 1 e 2.

$$\vec{p} = m \times \vec{v} \quad (3.6)$$

Onde:

$\vec{p}$ : é o momento linear que deseja-se calcular;

$m$ : é a massa do planador 1 ou do planador 2;

$\vec{v}$ : é a velocidade do planador 1 ou 2 e antes ou depois da colisão;

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 3.10: Experimento inelástico.

	Dados1.Planador1	Dados1.Planador2	Dados2.Planador1	Dados2.Planador2	Dados3.Planador1	Dados3.Planador2
massa dos planadores (kg)	0.2103	0.1937	0.2103	0.2137	0.2103	0.2337
tempo antes da colisão (s)	0.1727	0.0000	0.1793	0.0000	0.1843	0.0000
tempo depois da colisão (s)	0.3727	0.3727	0.3847	0.3847	0.3943	0.3943
velocidade antes da colisão (m/s)	0.5792	0.0000	0.5576	0.0000	0.5425	0.0000
velocidade depois da colisão (m/s)	0.2683	0.2683	0.2600	0.2600	0.2536	0.2536
momento antes da colisão (kg.m/s)	0.1218	0.0000	0.1173	0.0000	0.1141	0.0000
momento depois da colisão (kg.m/s)	0.0564	0.0520	0.0547	0.0556	0.0533	0.0593

### 3.2.4 Cálculo das energias cinéticas

Esta seção apresenta o procedimento realizado para o cálculo energias cinéticas dos planadores.

Foi utilizada a fórmula abaixo para a realização do cálculo das energias cinéticas antes e depois da colisão dos planadores 1 e 2.

$$E_{cin} = \frac{1}{2} \times m \times \vec{v}^2 \quad (3.7)$$

Onde:

$E_{cin}$ : energia cinética que deseja-se calcular;

$m$ : massa do planador 1 ou 2;

$\vec{v}$ : velocidade do planador 1 ou 2, e antes ou depois da colisão;

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 3.11: Experimento inelástico.

	Dados1.Planador1	Dados1.Planador2	Dados2.Planador1	Dados2.Planador2	Dados3.Planador1	Dados3.Planador2
massa dos planadores (kg)	0.2103	0.1937	0.2103	0.2137	0.2103	0.2337
tempo antes da colisão (s)	0.1727	0.0000	0.1793	0.0000	0.1843	0.0000
tempo depois da colisão (s)	0.3727	0.3727	0.3847	0.3847	0.3943	0.3943
velocidade antes da colisão (m/s)	0.5792	0.0000	0.5576	0.0000	0.5425	0.0000
velocidade depois da colisão (m/s)	0.2683	0.2683	0.2600	0.2600	0.2536	0.2536
momento antes da colisão (kg.m/s)	0.1218	0.0000	0.1173	0.0000	0.1141	0.0000
momento depois da colisão (kg.m/s)	0.0564	0.0520	0.0547	0.0556	0.0533	0.0593
energia cinética antes da colisão (J)	0.0353	0.0000	0.0327	0.0000	0.0309	0.0000
energia cinética depois da colisão (J)	0.0076	0.0070	0.0071	0.0072	0.0068	0.0075

### 3.2.5 Soma dos momentos lineares e energia cinéticas

Esta seção apresenta o procedimento realizado para o cálculo da soma dos momentos lineares e das energias cinéticas para cada planador.

Para os grupos *Dados 1*, *Dados 2* e *Dados 3* foram realizados a soma das energias e momentos lineares antes e depois da colisão. A tabela seguinte apresenta os resultados obtidos:

Tabela 3.12: Experimento inelástico.

	Dados1	Dados2	Dados3
soma dos momentos antes da colisão (kg.m/s)	0.1218	0.1173	0.1141
soma dos momentos depois da colisão (kg.m/s)	0.1084	0.1102	0.1126
soma das energias cinética antes da colisão (J)	0.0353	0.0327	0.0309
soma das energias cinética depois da colisão (J)	0.0145	0.0143	0.0143

### 3.2.6 Coeficiente de restituição

Esta seção apresenta o cálculo do coeficiente de restituição.

A fórmula seguinte foi utilizada para obter o valor do coeficiente de restituição.

$$e = \frac{|v'_a - v'_b|}{|v_a - v_b|} \quad (3.8)$$

O valor de  $e$  obtido foi:

## 4. Conclusão

No experimento elástico, de acordo com os dados apresentados na tabela 3.6 podemos concluir que houve conservação de momento linear e energia cinética. Os valores depois da colisão tanto de momento linear quanto de energia cinética ficaram muito próximo dos valores antes da colisão. Este é um resultado esperado para colisões elásticas.

Já no experimento inelástico, de acordo com os dados apresentados na tabela 3.12 podemos concluir que houve conservação de momento linear pois os dados de momento linear antes da colisão ficam bem próximos dos dados após a colisão. No entanto, concluimos que não houve conservação de energia cinética, nesta mesma tabela, pode-se observar que o sistema perdeu energia ficando com menos da metade da energia de antes de colidir. Este é um resultado esperado para colisões inelásticas.

## Referências

- Halliday, R.; Krane, D.; Resnick. 1996. *Física*. Vol. 1. Livros Técnicos e Científicos Editora.
- Nussenzveig, H.M. 1997. *Curso de Física Básica*. Vol. 1. Edgard Bucher Ltda.
- Tipler, G., P.A. e MOSCA. 2005. *Física*. Vol. 1. McGraw-Hill.