**Universidade do Minho- Escola de Ciências**

Licenciatura em Física

Registo de Dados

Estudo de choques num sistema de atrito reduzido

**Laboratório de Mecânica Newtoniana**

**Grupo 1:**

**Diana Silva A89633**

**João Gomes A81782**

**Miguel Godinho A89624**

**Docente:**

**José Luís Ribeiro**

**Índice**

[**Sumário** 3](#_Toc22076298)

[**Procedimento** 4](#_Toc22076299)

[**Resultados** 5](#_Toc22076300)

[**Choques (quase) Elásticos** 5](#_Toc22076301)

[**Sem Pesos** 6](#_Toc22076302)

[**2 Pesos** 9](#_Toc22076303)

[**6 Pesos** 11](#_Toc22076304)

[**Choques perfeitamente inelásticos** 13](#_Toc22076305)

[**Choques parcialmente elásticos/inelásticos** 14](#_Toc22076306)

[**Conclusão** 15](#_Toc22076307)

# **Sumário**

Este trabalho tem como objetivo o estudo dos diferentes tipos choques a uma dimensão, com a ajuda de uma calha de ar para reduzir o atrito.

# **Procedimento**

Para este trabalho é usada uma calha de ar para que o atrito seja o mais reduzido possível e sobre esta calha, duas fotocélulas espaçadas entre si, ligadas a um computador onde é possível registar os tempos medidos por estas mesmas. A montagem dos equipamentos já se encontrava feita.

Optamos por realizar três diferentes tipos de choques: quase elástico, perfeitamente inelástico e parcialmente elástico/inelástico. No choque quase elástico realizamos ensaios para três diferentes massas.

# **Resultados**

Ambos os cavaleiros tinham o mesmo comprimento e a mesma incerteza do comprimento:

Foi usada uma balança digital para obtermos as para obter as massas dos cavaleiros e dos pesos. De tal modo, a incerteza da massa é:

A montagem encontrava-se inclinada. Ao considerarmos a direção de esquerda para a direita o no eixo positivo, a montagem fazia um ângulo negativo (<5º).

Nos choques (quase) elásticos, o cavaleiro 1 movia-se no sentido positivo e o cavaleiro 2 no sentido negativo. Nos outros choques decidimos alterar, pois as fotocélulas estavam numeradas de forma diferente.

Não podemos considerar médias nem outros dados, pois cada choque (ou ensaio) foi iniciado com velocidades diferentes.

Tal como o procedimento manda fomos analisar os choques e para isso usamos o coeficiente de restituição (), momento linear (), a energia cinética () e de deformação (). Para calcular os conceitos anteriores usamos as seguintes expressões:

Sendo e ,a velocidade inicial e final de um dos cavaleiros, respetivamente e e e a velocidade inicial e final do outro cavaleiro, respetivamente.

Sendo a massa do cavaleiro e o vetor velocidade.

Sendo o módulo da velocidade de cada cavaleiro.

Sendo e , a energia cinética inicial e final do sistema de cavaleiros.

## **Choques (quase) Elásticos**

A tabela seguinte possui a massa original de cada cavaleiro com os adaptadores para choques quase elásticos:

|  |  |
| --- | --- |
| Cavaleiro | Massa |
| 1 | 210,17 |
| 2 | 210,11 |

Tabela - Massa dos Cavaleiros apenas com os Adaptadores.

### **Sem Pesos**

A tabela seguinte possui o tempo que os cavaleiros demoraram a passar cada fotocélula corresponde antes e após o choque:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Choque | Cavaleiro1 | | | | Cavaleiro 2 | | | |
| Antes do Choque | | Depois do Choque | | Antes do Choque | | Depois do Choque | |
| Tempo | Sentido | Tempo | Sentido | Tempo | Sentido | Tempo | Sentido |
| 1 | 0,1044 | Positivo | 0,1972 | Negativo | 0,1517 | Negativo | 0,1684 | Positivo |
| 2 | 0,1526 | 0,1602 | 0,0957 | 0,2696 |
| 3 | 0,0919 | 0,1429 | 0,0649 | 0,4638 |
| 4 | 0,0846 | 0,3614 | 0,0867 | 0,2658 |
| 5 | 0,0740 | 0,6125 | 0,0886 | 0,2009 |
| 6 | 0,0175 | 0,2856 | 0,1094 | 0,2278 |
| 7 | 0,1150 | 0,2033 | 0,0814 | 0,339 |
| 8 | 0,0750 | 0,4506 | 0,086 | 0,2515 |
| 9 | 0,0897 | 0,3654 | 0,0795 | 0,2937 |
| 10 | 0,0741 | 0,4143 | 0,0783 | 0,2833 |

Tabela -Tempo dos Cavaleiros- Sem Pesos- Choque quase elástico.

De seguida calculamos a velocidade de cada cavaleiro antes e após choque:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Choque | Cavaleiro 1 | | | | Cavaleiro 2 | | | |
| Antes do Choque | | Depois do Choque | | Antes do Choque | | Depois do Choque | |
| Velocidade  ( | Incerteza | Velocidade | Incerteza | Velocidade | Incerteza | Velocidade | Incerteza |
| 1 | 0,958 | 0,010 | 0,507 | 0,005 | 0,659 | 0,007 | 0,594 | 0,006 |
| 2 | 0,655 | 0,007 | 0,624 | 0,006 | 1,045 | 0,010 | 0,371 | 0,004 |
| 3 | 1,088 | 0,011 | 0,700 | 0,007 | 1,541 | 0,015 | 0,216 | 0,002 |
| 4 | 1,182 | 0,012 | 0,277 | 0,003 | 1,153 | 0,012 | 0,376 | 0,004 |
| 5 | 1,351 | 0,014 | 0,163 | 0,002 | 1,129 | 0,011 | 0,498 | 0,005 |
| 6 | 5,714 | 0,057 | 0,350 | 0,004 | 0,914 | 0,009 | 0,439 | 0,004 |
| 7 | 0,870 | 0,009 | 0,492 | 0,005 | 1,229 | 0,012 | 0,295 | 0,003 |
| 8 | 1,333 | 0,013 | 0,222 | 0,002 | 1,163 | 0,012 | 0,398 | 0,004 |
| 9 | 1,115 | 0,011 | 0,274 | 0,003 | 1,258 | 0,013 | 0,340 | 0,003 |
| 10 | 1,350 | 0,013 | 0,241 | 0,002 | 1,277 | 0,013 | 0,353 | 0,004 |

Tabela -Velocidade dos Cavaleiros- Sem Pesos- Choque quase elástico.

É possível desde já reparar que os valores de velocidade são anomalias e que não são o que seria suposto.

Vamos ver se o coeficiente de restituição, o momento e a energia cinética o confirmam:

|  |  |
| --- | --- |
| Choque | Coeficiente de Restituição |
| 1 | 0,290 |
| 2 | 0,650 |
| 3 | 1,070 |
| 4 | 3,476 |
| 5 | 1,502 |
| 6 | 0,019 |
| 7 | 0,549 |
| 8 | 1,030 |
| 9 | -0,467 |
| 10 | 1,542 |

Tabela -Coeficiente de Restituição- Sem Pesos- Choque quase elástico.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Choque | Momento | |
| Antes do Choque | Depois do Choque |
| 1 | 62,809 | 18,191 |
| 2 | -81,825 | -53,258 |
| 3 | -95,050 | -101,773 |
| 4 | 6,086 | 20,894 |
| 5 | 46,869 | 70,271 |
| 6 | 1008,915 | 18,645 |
| 7 | -75,364 | -41,400 |
| 8 | 35,913 | 36,900 |
| 9 | -29,986 | 14,021 |
| 19 | 15,291 | 23,436 |

Tabela -Momento-Sem Pesos- Choque quase elástico.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Choque | Energia | | |
| Energia Cinética | | Energia de Deformação |
| Antes do Choque | Depois do Choque |
| 1 | 142,064 | 64,068 | 77,997 |
| 2 | 159,834 | 55,400 | 104,434 |
| 3 | 373,843 | 56,345 | 317,499 |
| 4 | 286,584 | 22,916 | 263,668 |
| 5 | 325,730 | 28,830 | 296,900 |
| 6 | 3519,124 | 33,128 | 3485,996 |
| 7 | 238,010 | 34,567 | 203,443 |
| 8 | 328,861 | 21,784 | 307,076 |
| 9 | 296,823 | 20,049 | 276,774 |
| 10 | 362,737 | 19,212 | 343,525 |

Tabela -Energia Cinética e de deformação- Sem Pesos- Choque quase elástico.

Desde o coeficiente de Restituição que se confirma que os dados obtidos não correspondiam com choques quase elásticos sendo que alguns deles deram valores ridículos que não correspondiam a nenhum tipo de considerado para esta experiência como o 3,4 e 5 choques, que deram acima de 1, ou como ensaio 9 que deu um valor negativo. O mesmo se confirma nas tabelas do momento e da energia. Sendo assim o melhor resultado obtido foi o do choque 8 seguido do 3º. Tal como referido antes, qualquer valor obtido que não esteja no intervalo fechado de 0 a 1 do coeficiente de restituição é considerado como um choque inválido, pois independentemente do tipo de choque que estivéssemos a procurar na experiência não deveria de passar do mesmo. Supomos que estes erros devem ter surgido ao contarmos com choques que fugiam do padrão dos choques pretendidos nesta experiência.

### **2 Pesos**

Neste segundo experimento aumentamos o peso do cavaleiro 2 com 2 pesos de cada, ficando o cavaleiro 2 a pesar no total . A tabela seguinte possui o tempo que os cavaleiros demoraram a passar cada fotocélula corresponde antes e após o choque:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Choque | Cavaleiro1 | | | | Cavaleiro 2 | | | |
| Antes do Choque | | Depois do Choque | | Antes do Choque | | Depois do Choque | |
| Tempo | Sentido | Tempo | Sentido | Tempo | Sentido | Tempo | Sentido |
| 1 | 0,1124 | Positivo | 0,1157 | Negativo | 0,1219 | Negativo | 0,3278 | Positivo |
| 2 | 0,1116 | 0,1339 | 0,1072 | 0,6299 |
| 3 | 0,104 | 0,1318 | 0,1061 | 0,744 |
| 4 | 0,1165 | 0,1086 | 0,1121 | 0,3936 |
| 5 | 0,1198 | 0,1227 | 0,1433 | 0,2545 |
| 6 | 0,1153 | 0,1246 | 0,1409 | 0,2542 |
| 7 | 0,1373 | 0,1574 | 0,2073 | 0,2366 |
| 8 | 0,1209 | 0,1325 | 0,1592 | 0,232 |
| 9 | 0,1601 | 0,1443 | 0,1757 | 0,2835 |
| 10 | 0,1299 | 0,1162 | 0,1276 | 0,3053 |

Tabela -Tempo dos Cavaleiros- 2 Pesos- Choque quase elástico.

De seguida, fomos calcular a velocidade dos cavaleiros antes e após choque:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Choque | Cavaleiro 1 | | | | Cavaleiro 2 | | | |
| Antes do Choque | | Depois do Choque | | Antes do Choque | | Depois do Choque | |
| Velocidade  ( | Incerteza | Velocidade | Incerteza | Velocidade | Incerteza | Velocidade | Incerteza |
| 1 | 0,890 | 0,009 | 0,864 | 0,009 | 0,820 | 0,008 | 0,305 | 0,003 |
| 2 | 0,896 | 0,009 | 0,747 | 0,007 | 0,933 | 0,009 | 0,159 | 0,002 |
| 3 | 0,962 | 0,010 | 0,759 | 0,008 | 0,943 | 0,009 | 0,134 | 0,001 |
| 4 | 0,858 | 0,009 | 0,921 | 0,009 | 0,892 | 0,009 | 0,254 | 0,003 |
| 5 | 0,835 | 0,008 | 0,815 | 0,008 | 0,698 | 0,007 | 0,393 | 0,004 |
| 6 | 0,867 | 0,009 | 0,803 | 0,008 | 0,710 | 0,007 | 0,393 | 0,004 |
| 7 | 0,728 | 0,007 | 0,635 | 0,006 | 0,482 | 0,005 | 0,423 | 0,004 |
| 8 | 0,827 | 0,008 | 0,755 | 0,008 | 0,628 | 0,006 | 0,431 | 0,004 |
| 9 | 0,625 | 0,006 | 0,693 | 0,007 | 0,569 | 0,006 | 0,353 | 0,004 |
| 10 | 0,770 | 0,008 | 0,861 | 0,009 | 0,784 | 0,008 | 0,328 | 0,003 |

Tabela -Velocidade dos Cavaleiros-2 Pesos- Choque quase elástico.

Tal como no anterior, é possível verificar desde já que os valores obtidos não estão de acordo com o que é pretendido para esta experiência.

Iremos então verificar-se tal é verdadeiro novamente com os outros conceitos:

|  |  |
| --- | --- |
| Choque | Coeficiente de Restituição |
| 1 | -8,066 |
| 2 | 15,990 |
| 3 | -32,805 |
| 4 | 19,790 |
| 5 | -3,083 |
| 6 | -2,597 |
| 7 | -0,865 |
| 8 | -1,627 |
| 9 | -6,136 |
| 10 | 38,414 |

Tabela -Coeficiente de Resituição-2 Pesos- Choque quase elástico.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Choque | Momento | |
| Antes do Choque | Depois do Choque |
| 1 | -67,347 | -87,072 |
| 2 | -100,883 | -107,741 |
| 3 | -90,119 | -117,791 |
| 4 | -96,162 | -114,759 |
| 5 | -40,916 | -49,468 |
| 6 | -37,754 | -46,713 |
| 7 | 3,517 | -2,491 |
| 8 | -20,905 | -24,985 |
| 9 | -45,180 | -36,290 |
| 19 | -81,177 | -79,320 |

Tabela -Momento- 2 Pesos- Choque quase elástico.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Choque | Energia | | |
| Energia Cinética | | Energia de Deformação |
| Antes do Choque | Depois do Choque |
| 1 | 187,498 | 92,927 | 70,719 |
| 2 | 219,266 | 62,518 | 91,443 |
| 3 | 234,860 | 63,294 | 93,349 |
| 4 | 200,783 | 99,107 | 83,624 |
| 5 | 148,708 | 93,732 | 51,174 |
| 6 | 157,129 | 91,676 | 52,932 |
| 7 | 91,817 | 70,108 | 24,454 |
| 8 | 133,056 | 88,657 | 41,462 |
| 9 | 91,212 | 69,754 | 34,041 |
| 10 | 157,484 | 94,458 | 64,542 |

Tabela -Energia cinética e de deformação-2 Pesos- Choque quase elástico.

Tendo agora as tabelas é possível verificar que não tivemos nem um choque válido com a nova massa. Partimos do princípio, que teria acontecido o mesmo que aconteceu no experimento anterior e que contamos que choques que seriam inválidos para o que pretendíamos estudar.

### **6 Pesos**

Neste último experimento de choques quase elásticos aumentamos o peso do cavaleiro 2 outra vez, incontido mais 4 pesos no cavaleiro 2 de g , e ficando o cavaleiro 2 a pesar no total . A tabela seguinte possui o tempo que os cavaleiros demoraram a passar cada fotocélula corresponde antes e após o choque:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Choque | Cavaleiro1 | | | | Cavaleiro 2 | | | |
| Antes do Choque | | Depois do Choque | | Antes do Choque | | Depois do Choque | |
| Tempo | Sentido | Tempo | Sentido | Tempo | Sentido | Tempo | Sentido |
| 1 | 0,1401 | Positivo | 0,1082 | Negativo | 0,1237 | Negativo | 0,3291 | Positivo |
| 2 | 0,0949 | 0,1189 | 0,1402 | 0,2632 |
| 3 | 0,1378 | 0,1221 | 0,1478 | 0,2888 |
| 4 | 0,1548 | 0,1155 | 0,1363 | 0,3235 |
| 5 | 0,143 | 0,1164 | 0,1401 | 0,3107 |
| 6 | 0,1574 | 0,1218 | 0,1456 | 0,3278 |
| 7 | 0,0999 | 0,1201 | 0,1478 | 0,2335 |
| 8 | 0,1012 | 0,1383 | 0,1817 | 0,2142 |
| 9 | 0,1429 | 0,105 | 0,1225 | 0,3514 |

Tabela -Tempo dos Cavaleiros- 6 Pesos- Choque quase elástico.

Acabamos por fazer menos um choque que as anteriores, por falha humana. De seguida, fomos calcular a velocidade dos cavaleiros antes e após choque:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Choque | Cavaleiro 1 | | | | Cavaleiro 2 | | | |
| Antes do Choque | | Depois do Choque | | Antes do Choque | | Depois do Choque | |
| Velocidade  ( | Incerteza | Velocidade | Incerteza | Velocidade | Incerteza | Velocidade | Incerteza |
| 1 | 0,714 | 0,007 | 0,924 | 0,009 | 0,808 | 0,008 | 0,304 | 0,003 |
| 2 | 1,054 | 0,011 | 0,841 | 0,008 | 0,713 | 0,007 | 0,380 | 0,004 |
| 3 | 0,726 | 0,007 | 0,819 | 0,008 | 0,677 | 0,007 | 0,346 | 0,003 |
| 4 | 0,646 | 0,006 | 0,866 | 0,009 | 0,734 | 0,007 | 0,309 | 0,003 |
| 5 | 0,699 | 0,007 | 0,859 | 0,009 | 0,714 | 0,007 | 0,322 | 0,003 |
| 6 | 0,635 | 0,006 | 0,821 | 0,008 | 0,687 | 0,007 | 0,305 | 0,003 |
| 7 | 1,001 | 0,010 | 0,833 | 0,008 | 0,677 | 0,007 | 0,428 | 0,004 |
| 8 | 0,988 | 0,010 | 0,723 | 0,007 | 0,550 | 0,006 | 0,467 | 0,005 |
| 9 | 0,700 | 0,007 | 0,952 | 0,010 | 0,816 | 0,008 | 0,285 | 0,003 |

Tabela -Velocidade dos Cavaleiros- 6 Pesos- Choque quase elástico.

Tal como nos anteriores, é possível verificar desde já que os valores obtidos não estão de acordo com o que é pretendido para esta experiência.

Iremos então verificar-se tal é verdadeiro novamente com os outros conceitos:

|  |  |
| --- | --- |
| Choque | Coeficiente de Restituição |
| 1 | 6,555 |
| 2 | -1,354 |
| 3 | -9,628 |
| 4 | 6,349 |
| 5 | 37,115 |
| 6 | 10,021 |
| 7 | -1,246 |
| 8 | -0,585 |
| 9 | 5,730 |

Tabela -Coeficiente de Restituição- 6 Pesos- Choque quase elástico.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Choque | Momento | |
| Antes do Choque | Depois do Choque |
| 1 | -116,890 | -93,920 |
| 2 | -14,027 | -51,321 |
| 3 | -70,865 | -57,808 |
| 4 | -106,462 | -79,907 |
| 5 | -88,688 | -74,295 |
| 6 | -93,232 | -71,833 |
| 7 | -13,003 | -33,600 |
| 8 | 25,972 | 2,170 |
| 9 | -122,443 | -106,206 |

Tabela -Momento- 6 Pesos- Choque quase elástico.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Choque | Energia | | |
| Energia Cinética | | Energia de Deformação |
| Antes do Choque | Depois do Choque |
| 1 | 161,422 | 105,003 | 68,675 |
| 2 | 200,668 | 98,162 | 53,462 |
| 3 | 130,910 | 90,280 | 48,105 |
| 4 | 132,712 | 94,547 | 56,565 |
| 5 | 135,493 | 94,660 | 53,538 |
| 6 | 120,286 | 86,198 | 49,570 |
| 7 | 180,865 | 103,132 | 48,105 |
| 8 | 152,609 | 90,921 | 31,830 |
| 9 | 161,468 | 108,684 | 70,027 |

Tabela -Energia Cinética e de deformação- 6 Pesos- Choque quase elástico.

Tendo agora as tabelas é possível verificar que de novo não tivemos nem um choque válido com a nova massa. Partimos do princípio, foi exatamente o que aconteceu nos dois experimentos anteriores, isto é, que teria acontecido o mesmo que aconteceu no experimento anterior e que contamos que choques que seriam inválidos para o que pretendíamos estudar.

### **Choques (quase) Elásticos (Cont.)**

Pelo que foi verificado, todas as tentativas de choques quase elásticos foram um falhanço, pois houve um número pequenos de ensaio válidos. Tal como tinha dito anteriormente, possivelmente, deu-se ao termos contado com choques inválidos em que, por exemplo os cavaleiros saiam da plataforma durante o choque. Também pode ter havido erro humano ao retirar os dados do computador em que se encontrava os tempo, sendo estes menos possíveis, pois, durante a experiência tirávamos fotos aos mesmos.

## **Choques perfeitamente inelásticos**

## **Choques parcialmente elásticos/inelásticos**

# **Conclusão**