**Universidade do Minho- Escola de Ciências**

Licenciatura em Física

Registo de Dados

Trabalho 4- Estudo das oscilações forçadas de um pêndulo mecânico.

**Laboratório de Mecânica Newtoniana**

**Grupo 1:**

**Diana Silva A89633**

**João Gomes A81782**

**Miguel Godinho A89624**

**Docente:**

**José Luís Ribeiro**

# **Sumário**

O objetivo deste trabalho passa por estudar a reação de um pêndulo físico quando sujeito a uma força exterior com uma variação temporal harmónica.

# **Procedimento**

O procedimento é dividido em duas partes, na primeira pretende-se estudar a frequência do pêndulo em função do seu centro de massa, enquanto que na segunda pretende-se EM FALTA

# **1ª Parte**

Nesta primeira parte analisamos o comportamento de cada pêndulo sem o acoplamento, por isso começamos por retirar o fio e massa que estabelece o acoplamento entre os dois pêndulos.

Procedemos por marcar a posição de repouso do pêndulo da direita no papel colado na base do equipamento. Depois colocamos o pêndulo em movimento com uma amplitude inicial correspondente a um afastamento de 15 cm da posição de repouso e medimos o tempo correspondente a 10 oscilações com um cronómetro e dividimos estes valores por 10 para obtermos o período de oscilação natural (*T0*). Repetimos este processo 10 vezes.

Para o pêndulo da esquerda, obtemos o período de oscilação natural usando o mesmo método anterior, medindo o tempo correspondente a 10 oscilações. Contudo, para este pêndulo executamos 2 medições diferentes: com uma massa *M*, presa com um parafuso, colocada na extremidade inferior da haste (*T1*) e depois com essa mesma massa na extremidade superior (*T2*).

# **2ª Parte**

Na segunda parte analisamos o efeito de ressonância numa oscilação forçada. Para isto, restabelecemos o acoplamento entre os dois pêndulos, colocando de novo o fio e a massa (*mac*).

Depois, com a massa *M* na extremidade inferior da haste do pêndulo de excitação, ou seja, no pêndulo da esquerda, colocamos este mesmo em movimento com as mesmas condições usadas na 1ª parte (afastamento de 15 cm) e procedemos à medição dos períodos de oscilação do pêndulo de excitação e do pêndulo experimental. Para obtermos o máximo da amplitude angular do movimento induzido no pêndulo experimental, medimos o comprimento do pêndulo (*L*) e o maior afastamento em relação à posição de repouso segundo a direção horizontal, o que nos permite depois calcular o ângulo que pretendemos. Repetimos este processo 10 vezes, subindo sempre a massa *M* a cada vez.

# **Resultados**

# **Parte 1**

Tal como dito no procedimento, recolhemos os períodos referentes a cada um dos pêndulos.

A seguinte tabela contém o tempo medido de 10 oscilações, T, o período médio de cada oscilação obtido, P, pela expressão e a frequência, , obtida pela equação , do pêndulo da direita:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tempo, T (s)** | **Período, P (s)** | **Frequência, (Hz)** |
| 16,44 | 1,64 | 0,608 |
| 16,46 | 1,65 | 0,608 |
| 16,50 | 1,65 | 0,606 |
| 16,37 | 1,64 | 0,611 |
| 16,41 | 1,64 | 0,609 |
| 16,78 | 1,68 | 0,596 |
| 16,36 | 1,64 | 0,611 |
| 16,49 | 1,65 | 0,606 |
| 16,42 | 1,64 | 0,609 |
| 16,51 | 1,65 | 0,606 |

Tabela 1- Período e frequência do pêndulo da direita.

Para obter um valor real, fizemos a média dos tempos e obtivemos então o período e a frequência:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Valor Médio de T, (s)** | **Período de , (s)** | **Frequência de , (Hz)** |
| 16,47 | 1,65 | 0,607 |

Tabela -Valor "real" para o tempo e valores de período e frequência correspondente.

**Para o pêndulo da esquerda, tal como referido foi usada uma massa *M* que se encontravam presas com um parafuso. As massas dos objetos apresentam-se na tabela abaixo:**

|  |  |
| --- | --- |
| ***M* (g)** | 1188,45 |
| **Parafuso (g)** | 119,11 |
| **Massa total (g)** | 1307,56 |

Tabela 3- Massa total acrescentada ao pêndulo.

**Foram então realizados dois ensaios. O primeiro ensaio foi realizado com *M* preso na extremidade inferior do pêndulo:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tempo (s)** | **Período (s)** | **Frequência (Hz)** |
| 18,98 | 1,90 | 0,527 |
| 19,12 | 1,91 | 0,523 |
| 18,98 | 1,90 | 0,527 |
| 19,07 | 1,91 | 0,524 |
| 19,14 | 1,91 | 0,522 |
| 19,01 | 1,90 | 0,526 |
| 19,23 | 1,92 | 0,520 |
| 19,15 | 1,92 | 0,522 |
| 19,00 | 1,90 | 0,526 |
| 19,06 | 1,91 | 0,525 |

Tabela 4- Período e frequência do pêndulo da esquerda, com a massa na extremidade inferior.

**Para o segundo ensaio, colocámos *M* na extremidade superior do pêndulo:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tempo (s)** | **Período (s)** | **Frequência (Hz)** |
| 13,66 | 1,37 | 0,732 |
| 13,48 | 1,35 | 0,742 |
| 13,01 | 1,30 | 0,769 |
| 13,59 | 1,36 | 0,736 |
| 13,77 | 1,38 | 0,726 |
| 13,44 | 1,34 | 0,744 |
| 13,54 | 1,35 | 0,739 |
| 13,52 | 1,35 | 0,740 |
| 13,62 | 1,36 | 0,734 |
| 13,44 | 1,34 | 0,744 |

Tabela 5- Período e frequência do pêndulo da esquerda, com a massa na extremidade superior.

De seguida, fizemos então a média de ambos os ensaios para obter um valor aproximado ao real e obtemos o período e frequência correspondentes a cada:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ensaio** | **Valor Médio de T, (s)** | **Período de , (s)** | **Frequência de , (Hz)** |
| 1 | 19,07 | 1,91 | 0,524 |
| 2 | 13,51 | 1,35 | 0,740 |

Tabela - Valor Médio do Tempo obtido nos ensaios 1 e 2 e os valores de Período e Frequência correspondentes.

**A partir destes dados é possível verificar que a frequência do pêndulo sem qualquer massa está compreendida entre as frequências medidas para o pêndulo com *M* nas extremidades. Deste modo, verificamos também que quando *M* é colocada na parte superior do pêndulo, a frequência é superior ao que é verificado na ausência de massa extra, e quando *M* está na extremidade inferior, a frequência é inferior.**

**Isto acontece porque ao mudarmos *M* de uma extremidade para outra iremos alterar o seu centro de massa que porventura irá alterar o momento de Inércia que altera finalmente a frequência do pêndulo. Tal é verificado teoricamente na seguinte equação:**

**(sendo L, o tamanho da haste, massa total do pêndulo, g a gravidade e I, o momento de Inércia)**

**Ao calcularmos frequência de cada extremidade, obtemos o valor máximo e mínimo de frequência para o pêndulo, pois aos estarmos a colocar *M* numa extremidade estamos a obter o valor máximo e mínimo do momento de inércia que é inversamente proporcional a frequência.**

**Para terminar, vale a pena referir que a média dos valores de frequência máximo e mínimo é um valor relativamente perto ao valor calculado pela frequência do pêndulo da direita, isto é, sem a adição de “massas”. Isto sucede-se, porque ao fazermos a média estamos a tentar calcular de uma forma indireta o valor da frequência no meio das extremidades, ou seja, no meio da haste que corresponde ao centro de massa da haste sem a adição das “massas” e quando estamos a calcular a frequência no pêndulo da direita estamos a calcular diretamente a frequência no centro da haste. Se tivéssemos feito uma medição da frequência com as “massas” no centro da haste teria sido mais uma prova experimental que comprovaria o que dissemos anteriormente.**

# **Parte 2**

**Nesta parte do trabalho, estabelecemos o acoplamento entre os pêndulos. Ao pêndulo da esquerda, ao qual induzimos movimento, chamamos de pêndulo de excitação. O pêndulo da direita é denominado pêndulo experimental.**

# **Conclusão**