ROTEIRO p SIMULAÇÃO: PÊNDULO DE TORÇÃO

Prof. Nildo Loiola Dias

1 OBJETIVOS

- Estudar o Pêndulo de Torção.
- Determinar a variação do momento de inércia de um cilindro em função da massa.
- Determinar a variação do momento de inércia de um cilindro em função do raio.
- Determinar a constante de torção de um fio.

2 MATERIAL

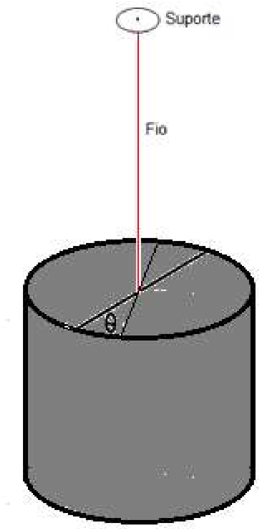
Simulação sobre o Pêndulo de Torção:

3 FUNDAMENTOS

Um fio resiste à torção do mesmo modo que uma mola resiste a mudanças em seu comprimento, então, quando torcido de um pequeno ângulo, o fio exerce um torque restaurador.

Considere um cilindro circular reto, suspenso por um fio fixado no centro da superfície circular, Figura 1. O fio está firmemente preso suspenso a um suporte rígido. Se o cilindro é rotacionado em torno de seu eixo radial de simetria, o fio é torcido e passa a exercer um torque restaurador sobre o cilindro. O sistema formado é chamado de Pêndulo de Torção.

Figura 1 – Pêndulo de Torção.



Para pequenas torções, o torque restaurador é diretamente proporcional ao deslocamento angular, θ, (lei de Hooke), desta forma:

$$\tau = -\kappa\theta \qquad (1)$$

Onde κ é uma constante que depende das propriedades do fio e é chamada de constante torcional ou rigidez torcional. O sinal negativo indica que o torque age no sentido de rotacionar o cilindro de volta para a posição de equilíbrio (posição sem o fio estar rotacionado) e é proporcional ao deslocamento angular θ. A equação 1 é a condição para que ocorra o *movimento harmônico simples angular* do cilindro; desta forma, o cilindro oscilará com período de oscilação dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{k}} \tag{2}$$

Onde T é o período, I é o momento de inércia do corpo sólido (cilindro) e k a constante torcional do fio.

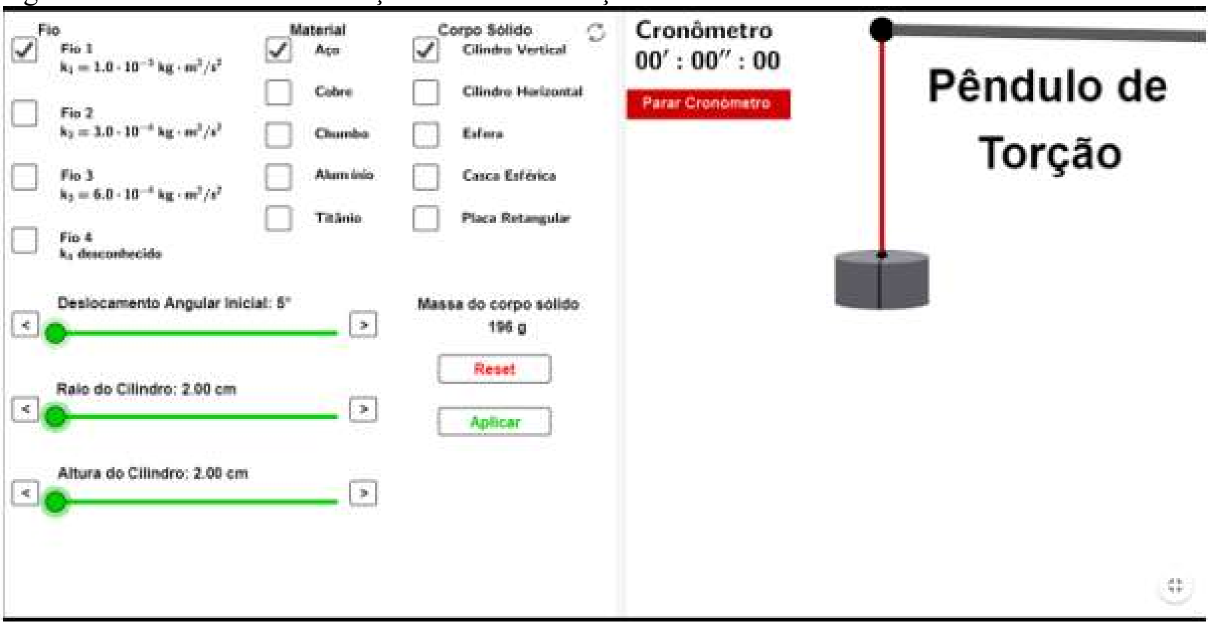
O momento de inércia de uma partícula depende da massa e da distância perpendicular entre a partícula e o eixo de rotação considerado.

4 PROCEDIMENTO

Para a realização dos procedimentos a seguir será necessário acessar a simulação sobre o Pêndulo de Torção através do link: https://www.laboratoriovirtual.fisica.ufc.br/pendulo-torcao

Na Figura 4 podemos ver a tela inicial da simulação sobre o Pêndulo de Torção. Esta simulação permite o estudo do movimento harmônico descrito pelo pêndulo de torção que consiste em um corpo suspenso por um fio preso a um suporte fixo. Corpos com diferentes geometrias podem compor o pêndulo de torção e ter seu movimento estudado em função de suas dimensões e em função de sua massa. Dependendo da geometria do corpo utilizado, um ou mais controles deslizantes permitem escolher as dimensões do mesmo. A massa do corpo em estudo é apresentada pela simulação. Fixando a geometria do corpo escolhido, sua massa pode ser alterada escolhendo o material que o compõe. Diferentes fios, com diferentes constantes torcionais podem ser utilizados. Um fio de constante torcional desconhecida é dado para que a constante torcional do mesmo possa ser determinada. Um controle deslizante permite escolher a amplitude angular inicial de oscilação. As oscilações sofrem um amortecimento lento. Um cronômetro permite medir o tempo de oscilação. Em algumas configurações as oscilações podem ter períodos muito curtos, ficando praticamente impossível medir. Nestes casos a escolha de um outro fio é indicada.

Figura 4 - Tela inicial da simulação Pêndulo de Torção.



Fonte: próprio autor.

PROCEDIMENTO 1: Estudo do momento de inércia de uma esfera em função da massa (raio fixo).

1.1 Escolha na simulação uma esfera sólida de 5,00 cm de raio.
1.2 Escolha AÇO para o material da esfera.
1.3 Escolha o FIO 1.
1.4 Anote na Tabela 1 a massa da esfera.

1.5 Regule a amplitude angular inicial para 15º.
1.6 Pressione o botão LIBERAR. Com isso o sistema entra em movimento e o cronômetro é acionado. Pare o cronômetro quando completar 10 períodos. Anote na Tabela 1.
1.7 Repita o procedimento anterior mais duas vezes, anote suas medidas do período e calcule o período médio.

Tabela 1 – Medidas do período de oscilação de uma esfera e determinação do momento de inércia.

Material	Raio (cm)	Massa (g)	T_1 (s)	T_2 (s)	T_3 (s)	$T_{médio}$ (s)	I (10^{-6} kg.m^2/s^2)
AÇO							
COBRE							
ALUMÍNIO							
TITÂNIO							
CHUMBO							

1.8 Utilize a equação 4 para determinar o momento de inércia da esfera e anote na Tabela 1.
1.9 Repita os procedimentos anteriores mudando apenas o material da esfera como indicado na Tabela 1.

PROCEDIMENTO 2: Estudo do momento de inércia de uma esfera em função do raio (massa fixa).

2.1 Escolha o FIO 1.
2.2 Escolha AÇO para o material da esfera.
2.3 Ajuste o raio da esfera de modo que a mesma tenha uma massa de 3200 g (ou um valor o mais próximo possível). Anote o raio e a massa da esfera.
2.4 Calcule o erro no valor da massa obtida em relação ao valor solicitado de 3200 g. Anote.
2.5 Regule a amplitude angular inicial para 15º.
2.6 Pressione o botão LIBERAR e meça o período. Anote na Tabela 2.
2.7 Calcule o momento de inercia da esfera e anote na Tabela 2. Utilize a equação 4.
2.8 Calcule a razão entre o momento de inércia da esfera e o raio ao quadrado. Anote.
2.9 Repita o procedimento anterior para os demais materiais indicados na Tabela 2, mantendo a massa da esfera o mais próximo possível de 3200 g.

Tabela 2 – Estudo do momento de inércia de uma esfera em função do raio (mesma massa).

Material	Raio (cm)	Massa (g)	Erro da massa (%)	T_1 (s)	I (10^{-6} kg.m^2/s^2)	I/R^2 (10^{-2} kg/s^2)
AÇO						
COBRE						
ALUMÍNIO						
CHUMBO						

PROCEDIMENTO 3: Determinação da massa específica.

Determine a massa específica do Titânio, utilizando apenas dados obtidos com a simulação. Descreva o procedimento utilizado.

PROCEDIMENTO 4: Determinação da constante torcional k_4.

4.1 Determine o período para a esfera de Aço de 5,00 cm de raio utilizando a constante torcional k_4. Faça três medidas do período e calcule o valor médio. Anote.

4.2 Determine a constante torcional k_4. Descreva o procedimento utilizado.

5 QUESTIONÁRIO

1- Faça o gráfico do momento de inércia de uma esfera em função da massa, considerando esferas do mesmo tamanho. Utilize os dados da Tabela 1.

2- (a) Determine o coeficiente angular do gráfico da questão anterior.
(b) Considerando que o momento de inércia de uma esfera é dado por $I = f\,MR^2$, utilize o coeficiente angular do item (a) para determinar a constante f.
(c) Calcule o erro "experimental" do valor de f determinado no item (b) em relação ao valor teórico.

3- Dos resultados do Procedimento 2 qual a dependência do momento de inércia de esferas (em relação a qualquer diâmetro) em relação ao raio? Considerando esferas de mesma massa.

4- Considere a casca esférica de Titânio de 5,00 cm de raio da simulação. Utilize a massa específica do Titânio obtida no procedimento 3 e a massa da casca esférica fornecida pela simulação, para determinar a espessura da casca esférica.

5- Um cilindro sólido A de raio R e comprimento L tem período de oscilação duas vezes maior do que um cilindro sólido B de mesmo raio e mesmo comprimento. Qual a relação entre as massas dos dois cilindros? Os cilindros A e B são sólidos, mas feitos de materiais diferentes.

6- Um cilindro sólido A de raio R e comprimento L tem massa M. Um cilindro sólido B, feito de outro material, tem mesmo raio, mesma massa e comprimento duas vezes maior. Qual a relação entre os momentos de inércia dos dois cilindros em relação ao eixo do cilindro? Justifique.

7- Define-se RAIO DE GIRAÇÃO de um corpo (em relação a um eixo de rotação) a distância na qual a massa do corpo deveria concentrar-se para que seu momento de inércia em relação ao eixo de rotação considerado permaneça o mesmo, assim, o momento de inércia do corpo será dado por:
$I = k^2 m$ onde k é o raio de giração, m a massa do corpo e I o momento de inércia em relação ao eixo de rotação considerado. Determine o raio de giração de uma esfera sólida (em função do raio da esfera) em relação a um eixo que passa por um diâmetro.