



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
CAMPUS MEDIANEIRA**

SILVIO AUGUSTO BASSE

*Sequência didática para o ensino-aprendizagem
dos conceitos de Movimento Oscilatório,
Estudo de caso: Pêndulo*

**Orientador: Prof. Dr. Fabio Rogerio Longen
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Shiderlene Vieira de Almeida**

SUMÁRIO

1.APRESENTAÇÃO	1
1.1. Sequência do produto educacional:	1
1.2. Nota do autor.	2
2. ORGANIZAÇÃO DAS AULAS.....	3
3.PROCEDIMENTOS INVESTIGATIVOS ENVOLVENDO SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS EM RELAÇÃO AS OSCILAÇÕES.....	4
4. DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES	4
4.1. Atividade 1: Levantamentos de dados sobre Pêndulos: Pre-texte.....	4
4.1.3 Questionário:	5
4.1.4 Atividade complementar	6
4.2 Atividade 2: Diferenciação dos tipos de Pêndulos e suas Aplicações.....	6
4.2.3 1º Momento: Debate sobre diferenciação dos pêndulos.....	8
4.2.4 2º Momento: Manuseio dos pêndulos pelos alunos.....	11
4.2.5 3º Momento: Realização dos experimentos envolvendo pêndulos	12
4.2.5.1 - Experimento 01	12
4.2.5.2 - Experimento 02	13
4.2.6 4º Momento: Questionário.....	20
4.2.6.2 Questionário referente as atividades anteriores	21
4.2.7 5º Momento: Contextualização dos conceitos sobre Oscilações.....	22
4.2.7.1 Atividades contextualizadas	22
4.3 Atividade 3: Utilizar Simulador de Pêndulos (Simulações PhET).....	22
4.4 Atividade 4: Desenvolvimento matemático sobre movimento pendular.....	25
4.4.1 Duração: 2 aulas de 50 minutos cada	25
4.4.1.3 Lista de Equações	26
4.4.2 Resolução de questões	26
4.5 Atividade 5: Avaliação.	29
4.5.1.3 Questões relevantes sobre os conceitos vistos.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	32

1. APRESENTAÇÃO

1.1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA DO PRODUTO EDUCACIONAL

A Sequência didática sobre movimento oscilatório de pêndulos, desenvolvido neste estudo como um produto educacional busca disponibilizar conceitos e metodologias que levem o educando a um aprendizado não formal, e proporcionar ao mesmo possibilidades de relacionar os conhecimentos já construídos com conhecimento novos, onde possa confrontar os conceitos de oscilações com o cotidiano, nos aspectos históricos, nos conceitos teóricos e nos cálculos matemáticos, através de equações que envolvam os movimentos dos pêndulos, bem como, a realização de experimentos que concretizem a teoria sobre os resultados apurados, desenvolvidos com o objetivo de concretizar o aprendizado.

O ensino de Física possibilita um entendimento de vários fenômenos que envolvem o dia a dia do educando, motivam sua curiosidade por meio de demonstrações experimentais, que relacionem os conceitos físicos, que descrevem e demonstrem os fenômenos relativos a teoria e prática vivenciados no seu cotidiano. Desta forma, a utilização de metodologias diferenciadas, instrumentos de ensino/aprendizagem que contextualizem o conhecimento, são ferramentas substanciais que potencializam a criatividade cognitiva, relacionam o conhecimento já construído em uma interação com novos esquemas mentais.

Para atingir o objetivo do produto educacional desenvolvido, parte-se do pressuposto que o aprendiz (educando) tenha conhecimento já construído sobre movimento, assim busca-se introduzir conceitos que o levará ao entendimento das oscilações de pêndulos, através de atividades teóricas com resolução de questões e experimentos onde os próprios alunos efetuarão a confecção de pêndulos e utilizarão os simuladores de Física disponível no PhET (*Physics Education Technology*) que envolvam movimentos oscilatórios.

Será apresentada uma sequência de atividades relacionadas a *pêndulos simples*, *pêndulo de Newton* e *pêndulo físico*, suas aplicações e características dos movimentos oscilatórios.

O produto abordará os conceitos de oscilações que envolvem os movimentos dos pêndulos, tendo como relevância, não somente o estudo do período e frequência, mas também o envolvimento de outros conceitos, como: tração no fio, energia cinética,

energia potencial, quantidade de movimento, conservação e dissipação de energia (calor, atrito e som) além de fatores como gravidade local. Distribuídos numa sequência didática, de 10 aulas conforme o Quadro 1.

1.2. NOTA DO AUTOR

Este produto educacional deverá ser aplicado em dez aulas de cinquenta minutos cada, em forma de atividades teóricas, experimentais e simuladores de física. Realizado em uma sequência didática que possibilitará ao aluno a utilização de seus conhecimentos já construída para a concretização de novos conhecimentos a respeito das oscilações pendulares. Produto este que foi desenvolvido utilizando a teoria de Jean Piaget, sobre os conceitos de assimilação, acomodação, equilibração e adaptação. Concedo a quem por ventura julgar este trabalho interessante e utiliza-lo, fazer as alterações que for pertinente a sua realidade social que o ambiente educativo esteja inserido. Deste que mencionado o autor.



2. ORGANIZAÇÃO DAS AULAS

A organização desta sequência didática engloba uma organização de cinco atividades, executadas no seguinte método:

Quadro 1: Representação da organização das atividades.

Atividade	Tempo Estimado	Recurso Utilizado	Procedimento Metodológico
1º	1 hora aula de 50 min.	-Pré-teste, -Multimídia -PowerPoint	Aplicação do pré-teste e explanação do conteúdo, discussão e problematização
2º	4 horas aulas de 50 min.	-Cronômetro digital; - Régua milimétrica; - Barra de madeira; -Suporte para a suspensão da barra; -Transferidor de 180°; Balança digital; - Esfera para pêndulo simples - Fio de náilon	Diferenciação dos tipos de Pêndulos e suas aplicações. Experimento com Pêndulo Simples e Pêndulo Físico.
3º	2 horas aulas de 50 min.	-Laboratório de informática	Utilização de simulador – PhET, para o desenvolvimento de atividades que envolvam os movimentos harmônicas simples (oscilações).
4º	2 horas aulas de 50 min.	-Material impresso e quadro branco.	Desenvolvimento matemático sobre os conceitos que envolvem os movimentos do Pêndulo
5º	1 hora aula de 50 min	-Material impresso	Avaliação, método de aprendizagem que torna o processo instrumental de reorientação do conhecimento.

Fonte: Autoria própria.

3. PROCEDIMENTOS INVESTIGATIVOS ENVOLVENDO SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS EM RELAÇÃO ÀS OSCILAÇÕES.

A procura por novas metodologias investigativas tem contribuído para um ensino mais significativo, baseado em metodologias que desenvolvem aulas mais dinâmicas, com problematização e prática, visando uma aprendizagem com compreensão, que contribuam para a desmistificação do ensino de Física baseado somente na memorização e matematização.

4. DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

4.1. ATIVIDADE 1: LEVANTAMENTOS DE DADOS SOBRE PÊNULO: PRÉ-TESTE.

Duração: 1 aula de 50 minutos.

4.1.1 Objetivos

- ✓ Identificar o entendimento dos educandos em relação às oscilações: Pêndulo;
- ✓ Determinar e relacionar o entendimento com suas aplicações;
- ✓ Reconhecer os fenômenos que envolvem as oscilações dos pêndulos;

Retomar conhecimentos já construídos em aulas anteriores, agregando novos conceitos físicos.

4.1.2 Metodologia

No primeiro momento realizar uma breve explanação do conteúdo que será apresentado, questionando-os com algumas questões (seção 4.1.3) relacionadas a oscilações (pêndulo).

Num segundo momento, problematizar e instigar os educandos no levantamento de hipóteses e questionamentos sobre: O que são movimentos oscilatórios? O que são pêndulos? Quais conceitos observam-se nas oscilações pendulares? De forma construtiva, registrar os dados levantados pelos educandos, verificar o que compreendem e conhecem sobre o assunto abordado. De forma que fiquem bem à

vontade ao explanarem seus conhecimentos já construídos, registrar na lousa os apontamentos descritos por eles, após o levantamento dos questionamentos, o professor registrará os apontamentos referentes aos assuntos mencionados pelos educandos para utilizar como base para as próximas aulas.

Terceiro momento pode-se sugerir aos alunos, que pesquisem e construam pêndulos de suas escolhas. (Seção 4.1.4).

4.1.3 Questionário:

1. O que você entende por movimento oscilatório?
2. Na sua concepção, você conseguiria definir o que são pêndulos? Se considerar melhor pode representa-los em forma de desenho.
3. Você identifica exemplos de pêndulo no seu dia-a-dia? Quais são?
4. O período do Movimento oscilatório de um sistema pode ser definido por:
 - a) É o movimento descrito pelo objeto em sua trajetória.
 - b) É o número de oscilações descritas pelo objeto em intervalos de tempo específico.
 - c) O intervalo de tempo que o objeto levaria para retornar a sua posição inicial.
 - d) É o comprimento do fio ao qual o objeto está preso.
 - e) Não sei.
5. A frequência do Movimento oscilatório de um sistema pode ser definida por:
 - a) É o movimento descrito pelo objeto em sua trajetória.
 - b) É o número de oscilações descritas pelo objeto em intervalos de tempo específico.
 - c) O intervalo de tempo que o objeto levaria para retornar a sua posição inicial.
 - d) É o comprimento do fio a qual o objeto está preso.
 - e) Não sei.
6. A massa de um objeto, por exemplo, você, que é constituído por um sistema pode ser definido por:
 - a) Quantidade de matéria que constitui um corpo.
 - b) Força gravitacional medida, sofrida por um corpo.
 - c) Força de atração entre os corpos presentes no universo.
 - d) Energia cinética presente entre os objetos.
 - e) Não sei.

7. O peso de um objeto, por exemplo, você, que é constituído por um sistema pode ser definido por:

- a) Quantidade de matéria que constitui um corpo.
- b) Força gravitacional medida, sofrida por um corpo.
- c) Força de atração entre os corpos presentes no universo.
- d) Energia cinética presente entre os objetos.
- e) Não sei.

8. A gravidade, força reguladora dos objetos pode ser definida por:

- a) Quantidade de matéria que constitui um corpo.
- b) Força gravitacional medida, sofrida por um corpo.
- c) Força de atração entre os corpos presentes no universo.
- d) Energia cinética presente entre os objetos.
- e) Não sei.

4.1.4 Atividade complementar

Esta atividade desenvolve consideravelmente um caráter motivador, desperta a compreensão dos conceitos sobre oscilações pendulares, contribui para uma construção do conhecimento científico do aprendizado cognitivo do educando.

Nesta atividade, os educandos deverão confeccionar pêndulos de sua escolha e apresenta-los na próxima aula, tarefa que pode ser desenvolvida em grupos. Para Piaget, tarefas em grupos, favorecem a troca de conhecimento entre o aprendiz.

4.2 ATIVIDADE 2: DIFERENCIAÇÃO DOS TIPOS DE PÊNDULOS E SUAS APLICAÇÕES

Duração: 4 aulas de 50 minutos cada.

4.2.1 Objetivos

- ✓ Identificar Pêndulos Simples, Pêndulo de Newton e Pêndulo Físico, diferenciando os tipos de pêndulos construídos pelos alunos;

- ✓ Observar e discutir conceitos que envolvam os movimentos oscilatórios, gravidade local, funcionamento entre os pêndulos e, reconhecer suas aplicações no cotidiano.

4.2.2 Metodologia

No primeiro momento: apresentamos aos educandos as diferenças entre os pêndulos, utilizando as definições descritas na aula anterior e os modelos de pêndulos construídos por estes.

Segundo momento: Dividir os educandos em grupos de maneira que manuseiem os pêndulos em sala, “brinquem” com os pêndulos simples, pêndulo físico e o pêndulo de Newton.

Terceiro momento: Solicitar que realizem o experimento 01 e 02.

No quarto momento: O professor distribuirá um questionário (seção 4.2.6.2) com várias questões sobre o assunto estudado, para que os educandos desenvolvam esta atividade em sala de aula se houver tempo, caso contrário realizem como tarefa.

No quinto momento: Serão propostas atividades extraclases (seção 4.2.7.1), o professor sugere a leitura de alguns textos e a visualização de vídeos que contextualizem e contribuam para o aprendizado do aprendiz.

O educador observa os questionamentos levantados pelos alunos no momento da aula prática, interfere se necessário, quando o aluno apontar desacordo em relação a atividade que esteja desenvolvendo de maneira que este possa identificar, o período de oscilação e a frequência, de maneira a compreender as principais características do movimento harmônico simples (MHS) e identificar as grandezas físicas envolvidas no movimento oscilatório do pêndulo, de modo que estas concepções do assunto partam do conhecimento já estruturado cognitivamente, que resulta em uma estruturação da nova informação.

Deve-se intervir, se necessário, em certo momento da aula prática com alguns questionamentos, tais como: Há diferença entre o valor do período do pêndulo se alteramos a massa da esfera, o comprimento do fio, a amplitude, se a força gravitacional for diferente, no pêndulo de Newton há conservação de energia?

4.2.3 1º Momento: Debate sobre diferenciação dos pêndulos.

O estudo das oscilações pendulares é alvo de observação há longo tempo, suas particularidades têm se tornado foco de estudos e demonstrações em diversos artigos científicos e na literatura, visivelmente presentes nas disciplinas de Física em cursos universitários, porém pouco explorado no ensino médio, mas um conceito presente em cursos de Engenharia, Física e Química, sendo de suma importância o conhecimento destes fenômenos físicos, que envolvem movimentos oscilatórios.

Em virtude desta relevância, realizaremos experimentos que envolvam movimentos oscilatórios, parecem ser compreensíveis os conceitos de pêndulos simples, mas a obtenção de resultados requer uma precisão nos valores experimentais por meios de instrumentos, que cursos básicos de ensino, geralmente não possuem.

Desta forma, realizaremos a demonstração de conceitos que envolvam pêndulo físico, pêndulo de Newton e pêndulo simples, por meio de atividades demonstrativas e dialogadas, que esclareçam aos alunos a importância dos conceitos de movimento oscilatório, presentes nas mais variadas áreas do conhecimento, como, na Engenharia, Física e Química, e se manifesta em vários fenômenos do cotidiano.

Pêndulo de Foucault

A imagem (Figura 1) demonstra o pêndulo construído por Bernard Leon Foucault (1851) astrônomo, que demonstrou a rotação do Planeta Terra, experimento construído por um objeto de ferro de 28kg, suspenso por um fio de 67 metros de comprimento.

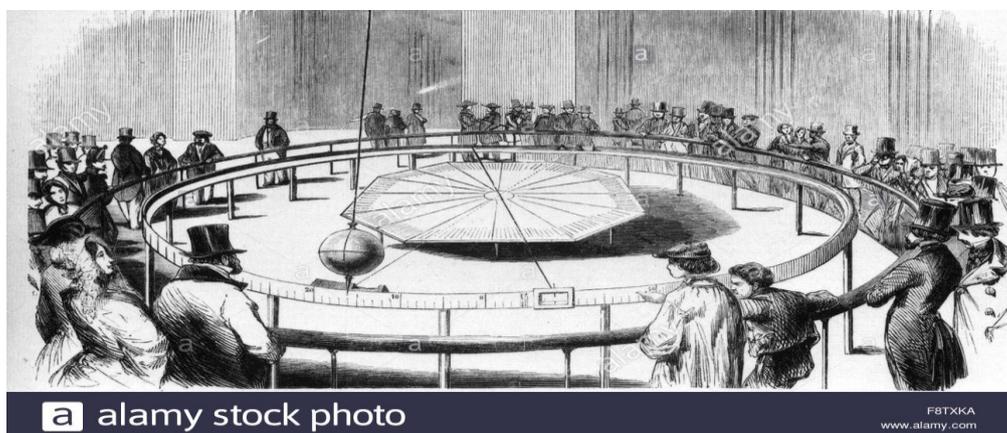


Figura 1: Pêndulo de Foucault que manifesta a rotação do Planeta Terra, no Pantheon – Paris. **Fonte:** foto-imagem-leon-foucault-1819-1868-especialista-frances-gravura-de-seu-pendulo-que-demonstrou-a-rotacao-da-terra-no-pantheon-paris-em-1851-91516862

Pêndulo Simples

Consiste num corpo suspenso por um fio flexível de comprimento (l) fixado a uma esfera de massa (m) desprezível, em movimento de ida e volta em torno de um ponto de equilíbrio, sujeito a ação da gravidade (força restauradora), a oscilação realizada pelo objeto suspenso é periódica, e se a amplitude formada entre a posição de equilíbrio e ângulo (θ) for pequena, corresponde a um movimento harmônico simples.

Observa que o valor do período não altera em pequenas amplitudes (menor que 10°) e, nem sequer da massa do objeto suspenso pelo fio, desconsiderando a resistência do ar, as forças que atuaram sobre o pêndulo serão tração (T) do fio e, a ação da força peso (mg) do objeto (Figura 2).

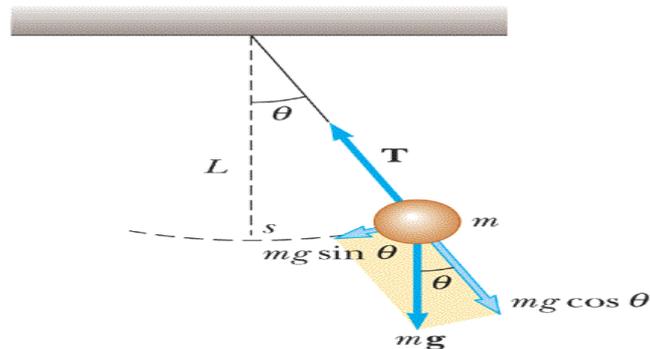


Figura 2: Ilustração do Pêndulo Simples.

Fonte: Livro do SERWAY, JEWETT, 2011, p. 423.

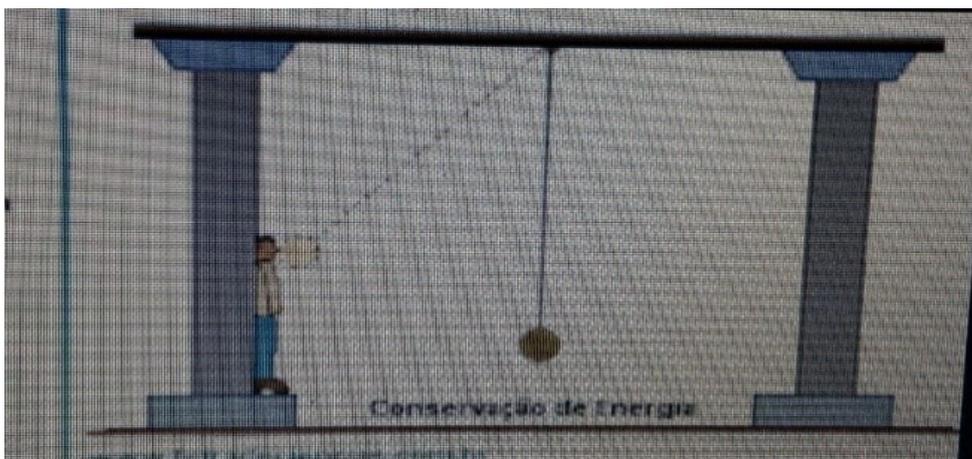


Figura 3: Ilustração do Pêndulo Simples. Demonstrando que ao deslocá-lo do ponto de equilíbrio de forma a obtém uma amplitude, ao soltar, descreverá o mesmo ângulo de partida e retorno.

Fonte: https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT_9fqql1E-SxQy9luLjwSxLzIit4JYHeyuLWwPn9FVSN

Pêndulo de Newton

Este pêndulo foi inicialmente constituído por Isaac Newton para exemplificar vários conceitos da mecânica clássica. Constituída por um conjunto de no mínimo cinco pêndulos (Figura. 4), elaborada com esferas que apresentem a mesma massa, e o mesmo comprimento do fio, dispostas lado a lado de forma que se mantenham em contato. Pode-se demonstrar com os efeitos produzidos por este pêndulo, as implicações engendradas no movimento da colisão dos corpos e as formas de energia envolvidas, como energia cinética, potencial gravitacional, conservação de energia, som e atrito.



Figura 4: Ilustração de um pêndulo de Newton.
Fonte: Autoria própria.

Pêndulo Físico

Movimentos oscilatórios estão presentes constantemente no universo, como uma criança brincando em um balanço, a lua satélite natural da Terra ao se movimentar em torno do planeta, mas com disposição de simetria e massa distribuída de forma diferenciada, sendo necessário desenvolver conceitos, além do que permeia os pêndulos simples harmônicos. Para estudar o comportamento dos mais variados movimentos oscilatórios, surge então os conceitos de Pêndulo Físico, que apresenta inúmeros episódios reais, desconsideram condições que não são analisadas no pêndulo simples, mas que estão presentes nos movimentos oscilatórios pendulares. Evidentemente que o pêndulo simples restringe os movimentos oscilatórios, demonstram o período e

frequência, sendo um contexto do pêndulo físico, possuindo grandezas que não poderão ser desconsideradas.

O Pêndulo Físico Figura 5, é constituído por um corpo de massa (m) rígido que realiza movimento oscilatório pela ação gravitacional em um plano vertical, “centrado em um ponto O a uma distância d do centro de massa” (CM), (SERWAY, JEWETT, 2016, p.17), qual realiza oscilações em torno do eixo de equilíbrio formando uma amplitude (θ).

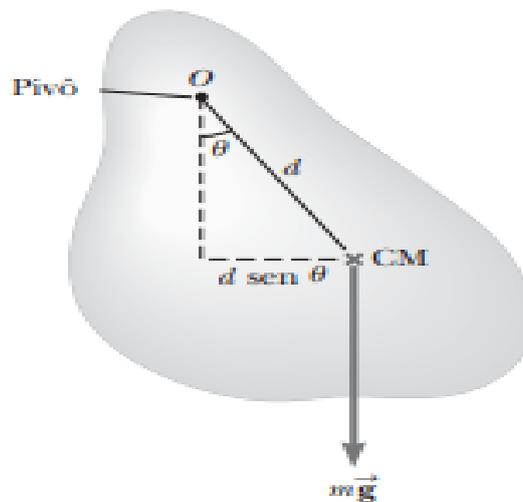


Figura 5: Ilustração de pêndulo físico.
Fonte: Livro SERWAY, JEWETT, 2016, p.17.

4.2.4 2º Momento: Manuseio dos pêndulos pelos alunos

4.2.4.1 Objetivo

- ✓ O objetivo desta atividade é incorporar no educando os conceitos físicos sobre os pêndulos, diferenciando-os e, que possam ter a introdução de alguns movimentos oscilatórios que venham a auxiliar nas próximas atividades.

4.2.4.2 Desenvolvimento da atividade

Dividir os alunos em grupos de maneira que manuseiem os pêndulos, isto é, de modo que “brinquem” com os pêndulos (simples, físico e de Newton), buscar identificar seus movimentos oscilatórios, entender como ocorre estes movimentos e suas causas,

este momento serve para que o aluno construa seu próprio entendimento dos conceitos envolvidos. Neste ínterim o professor não interfere na discussão e formulação dos conceitos, a menos que seja solicitada a sua intervenção.

4.2.5 3º Momento: Realização dos experimentos envolvendo pêndulos

4.2.5.1 - Experimento 01

4.2.5.1.1 Objetivo

- ✓ O objetivo desta atividade consiste na realização de movimentos oscilatórios com diferenças de comprimento dos fios e com ângulos diferenciados, de modo a adquirir percepção de períodos diferentes envolvendo pêndulos, além de possibilitar o entendimento de possíveis erros, envolvendo experimentos e identificação de outros conceitos que implique o movimento pendular.

4.2.5.1.2 Desenvolvimento do Experimento

Nesta atividade, os alunos confeccionarão pêndulos com 40 cm de comprimento do fio, não esquecendo que o comprimento é medido desde o início do fio até o centro do objeto que tiver ligado ao fio, utilizar um ângulo de amplitude 10° graus, lembrar que a medida do ângulo de amplitude é entre o ponto de equilíbrio até o ângulo de amplitude escolhido, neste caso 10° graus, podendo ser para a esquerda ou para a direita em relação ao ponto de equilíbrio. Registra-se na tabela (1) o período de ‘cada oscilação e o período médio de 5 oscilações.

O período médio é obtido pela equação:

$$T_{med} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{n \text{ (nº oscilação)}} \quad (1)$$

Realiza-se novamente o procedimento para o mesmo ângulo de amplitude, aumenta-se o comprimento do fio para 60 cm, registram-se os resultados na Tabela 2.

Tabela 1: Tabela de dados para o procedimento de Pêndulo.

Procedimento	Comprimento do fio (cm)	ângulo de amplitude	Períodos de oscilações (s)
1	40	10°	
2	40	10°	
3	40	10°	
4	40	10°	
5	40	10°	

Fonte: Autoria própria.

Período médio das oscilações: _____

Tabela 2: Tabela de dados para o procedimento de Pêndulo.

Procedimento	Comprimento do fio (cm)	ângulo de amplitude	Períodos de oscilações (s)
1	60	10°	
2	60	10°	
3	60	10°	
4	60	10°	
5	60	10°	

Fonte: Autoria própria.

Período médio para as oscilações: _____

4.2.5.2 - Experimento 02

4.2.5.2.1 Objetivo

- ✓ A atividade consistirá na verificação das propriedades no movimento periódico de oscilação do pêndulo físico em estudo, determinar a dependência do período de oscilação, o eixo de rotação do pêndulo, a aceleração gravitacional, as energias envolvidas, por parâmetros medidos da oscilação, comparar os valores teóricos com os experimentais.

4.2.5.2.2 Desenvolvimento do experimento

Materiais utilizados:

- Cronômetro digital;
- Régua milimétrica;
- Trena milimétrica;
- Barra de madeira (ou metálica) com orifícios ao longo da mesma, (os orifícios deverão estar a mesma distância);
- Suporte para a suspensão da barra;
- Transferidor de 180°;
- Balança eletrônica digital.

4.2.5.2.3 Procedimento

Na montagem do pêndulo físico, com a trena mede-se o comprimento da barra Figura 6, determina-se a localização do centro de massa (CM), a distância entre o eixo de rotação (pivô) e o centro de massa, determina-se a quantidade de matéria (massa) do pêndulo, utilizar a balança de precisão, registrar os dados na Tabela 3, para o orifício (A), prende-se a barra pelo orifício (A) no suporte Figura. 7, utilizar um parafuso, arruelas e porcas Figura 8, de modo que se comporte igual a Figura 9, estabeleça a amplitude (ângulo) aplicar a trigonometria. Registrar na Tabela 3 os dados obtidos.

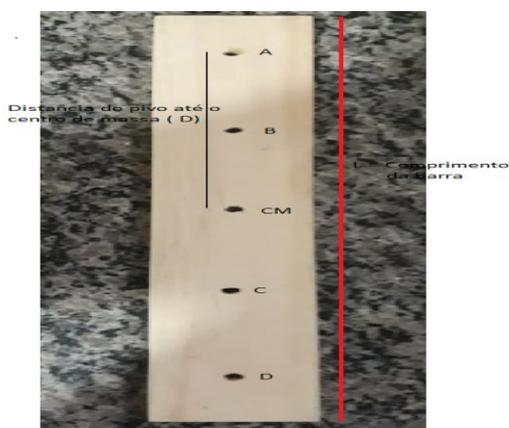


Figura 6: Ilustração da barra de madeira.

Fonte: Autoria própria.



Figura 7: Ilustração do suporte para pêndulo físico.

Fonte: Autoria Própria



Figura 8: Ilustração do parafuso, porcas arruelas, para fixar a barra de madeira.

Fonte: Autoria própria.

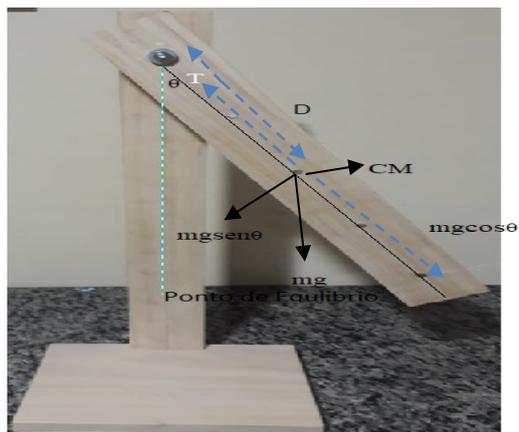


Figura 9: Ilustração do Pêndulo Físico

Fonte: Autoria própria.

Levantar e afastar o pêndulo de sua posição de equilíbrio de maneira a formar um ângulo de amplitude de 5°, 10°, 15° e 20°, colocando-se para oscilar. Registrar os dados obtidos nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 respectivamente.

Registrar o período para cada oscilação e o período médio de 3 oscilações. O período médio é obtido por:

$$T_{\text{exp}} = \frac{3T_x}{3} \quad (2)$$

Realizar novamente o procedimento para os mesmos ângulos de amplitude, alterando o eixo de rotação para o orifício (B), registrando os resultados nas Tabelas 9, 10, 11 e 12 respectivamente.

Tabela 3: Tabela de dados para o procedimento de Pêndulo Físico, sobre o eixo de rotação A.

Comprimento da barra	Massa da barra (kg)	Distância entre o CM e o eixo de rotação (pivô)

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4: Tabela de dados para o procedimento de Pêndulo Físico.

Nº de medidas, para o pivô (A)	Amplitude em <i>centímetros</i> do ponto de equilíbrio até o ângulo.	Amplitude (ângulo)	Tempo (s) de três oscilações	Média das três oscilações (s)
1	0,04	5°		
2	0,04	5°		
3	0,04	5°		
4	0,04	5°		
5	0,04	5°		
6	0,04	5°		
7	0,04	5°		
8	0,04	5°		
9	0,04	5°		
10	0,04	5°		
Período Médio				

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5: Tabela de dados para o procedimento de Pêndulo Físico.

Nº de medidas	Abertura em <i>centímetros</i> do ponto de equilíbrio até o ângulo.	Amplitude (ângulo)	Tempo (s) de três oscilações	Média das três oscilações (s)
1	0,08	10°		
2	0,08	10°		
3	0,08	10°		
4	0,08	10°		
5	0,08	10°		
6	0,08	10°		
7	0,08	10°		
8	0,08	10°		
9	0,08	10°		
10	0,08	10°		
Período Médio				

Fonte: Autoria própria.

Tabela 6: Tabela de dados para o procedimento de Pêndulo Físico.

Nº de medidas	Abertura em <i>centímetros</i> do ponto de equilíbrio até o ângulo.	Amplitude (ângulo)	Tempo (s) de três oscilações	Média das três oscilações (s)
1	11,7	15°		
2	11,7	15°		
3	11,7	15°		
4	11,7	15°		
5	11,7	15°		
6	11,7	15°		
7	11,7	15°		
8	11,7	15°		
9	11,7	15°		
10	11,7	15°		
Período Médio				

Fonte: Autoria própria.

Tabela 7: Tabela de dados para o procedimento de Pêndulo Físico.

Nº de medidas	Abertura em <i>centímetros</i> do ponto de equilíbrio até o ângulo.	Amplitude (ângulo)	Tempo (s) de três oscilações	Média das três oscilações (s)
1	15,5	20°		
2	15,5	20°		
3	15,5	20°		
4	15,5	20°		
5	15,5	20°		
6	15,5	20°		
7	15,5	20°		
8	15,5	20°		
9	15,5	20°		
10	15,5	20°		
Período Médio				

Fonte: Autoria própria.

Tabela 8: Tabela de dados para o procedimento de Pêndulo Físico, sobre o eixo de rotação B.

Comprimento da barra	Massa da barra (<i>kg</i>)	Distância entre o CM e o eixo de rotação (pivô)

Fonte: Autoria própria.

Tabela 9: Tabela de dados para o procedimento de Pêndulo Físico.

Nº de medidas, para o pivô (A)	Amplitude em centímetros do ponto de equilíbrio até o ângulo.	Amplitude (ângulo)	Tempo (s) de três oscilações	Média das três oscilações (s)
1	0,04	5°		
2	0,04	5°		
3	0,04	5°		
4	0,04	5°		
5	0,04	5°		
6	0,04	5°		
7	0,04	5°		
8	0,04	5°		
9	0,04	5°		
10	0,04	5°		
Período Médio				

Fonte: Autoria própria.

Tabela 10: Tabela de dados para o procedimento de Pêndulo Físico.

Nº de medidas	Abertura em centímetros do ponto de equilíbrio até o ângulo.	Amplitude (ângulo)	Tempo (s) de três oscilações	Média das três oscilações (s)
1	0,08	10°		
2	0,08	10°		
3	0,08	10°		
4	0,08	10°		
5	0,08	10°		
6	0,08	10°		
7	0,08	10°		
8	0,08	10°		
9	0,08	10°		
10	0,08	10°		
Período Médio				

Fonte: Autoria própria.

Tabela 11: Tabela de dados para o procedimento de Pêndulo Físico.

Nº de medidas	Abertura em <i>centímetros</i> do ponto de equilíbrio até o ângulo.	Amplitude (ângulo)	Tempo (s) de três oscilações	Média das três oscilações (s)
1	11,7	15°		
2	11,7	15°		
3	11,7	15°		
4	11,7	15°		
5	11,7	15°		
6	11,7	15°		
7	11,7	15°		
8	11,7	15°		
9	11,7	15°		
10	11,7	15°		
Período Médio				<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>

Fonte: Autoria própria.

Tabela 12: Tabela de dados para o procedimento de Pêndulo Físico.

Nº de medidas	Abertura em <i>centímetros</i> do ponto de equilíbrio até o ângulo.	Amplitude (ângulo)	Tempo (s) de três oscilações	Média das três oscilações (s)
1	15,5	20°		
2	15,5	20°		
3	15,5	20°		
4	15,5	20°		
5	15,5	20°		
6	15,5	20°		
7	15,5	20°		
8	15,5	20°		
9	15,5	20°		
10	15,5	20°		
Período Médio				<input style="width: 100px; height: 20px;" type="text"/>

Fonte: Autoria própria.

Para determinar o momento de inércia da barra de madeira, Figura 6, com formato retangular, utilizamos a seguinte equação:

$$I_{CM} = \frac{m}{12}(x^2 + y^2) \quad (3)$$

Onde x corresponde à largura e y o comprimento da barra. O momento de inércia da barra da Figura 6 é obtido utilizando o teorema dos eixos paralelo, dado por:

$$I = I_{CM} + md^2 \quad (4)$$

Onde (m) é a massa da barra e (d) representa a distância entre o centro de massa e o eixo de rotação do pêndulo.

Realize uma comparação entre o valor teórico (T_{teo}) com o determinado na realização experimental (T_{exp}) para os períodos de oscilação. Dados os valores: ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

O período teórico é obtido por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}} \quad (5)$$

Valor $T_{Teórica} =$ _____

Valor $T_{Experimental} =$ _____

Quais seriam os prováveis fatores que ocasionariam erros nos períodos teóricos e nos valores experimentais?

4.2.6 4º Momento: Questionário

4..2.6.1 Objetivo

- ✓ O objetivo do questionário consiste em possibilitar a assimilação dos conceitos físicos dos experimentos realizados, além de uma verificação avaliativa pelo professor na identificação, se houve assimilação e acomodação por parte dos educandos ou não.

4.2.6.2 Questionário referente às atividades anteriores

1. Há diferença entre os períodos do experimento 01 e 02? Justifique.
2. O tempo necessário para voltar a posição inicial é a mesma de ida, para os mesmos ângulos?
3. Se aumentarmos ou diminuirmos a massa da esfera suspensa ao fio, o tempo de oscilação será o mesmo para massas diferentes? Justifique.
4. Se aumentarmos ou diminuirmos o comprimento do fio que sustenta a esfera, o tempo de oscilação será o mesmo para comprimentos diferentes? Justifique.
5. Qual a relação da frequência com o movimento do pêndulo?
6. Há diferenças entre os períodos de oscilações do pêndulo físico ao alterar o eixo de rotação da barra de madeira (Orifício A e B)? Explique sua resposta.
7. Se você realizar o mesmo experimento do pêndulo na Lua, onde a gravidade é aproximadamente seis vezes menor que a do Planeta Terra. Obterá os mesmos resultados? Justifique. (Gravidade na Terra $\cong 9,81 \text{ m/s}^2$; na Lua $\cong 1,66 \text{ m/s}^2$)
8. Um antigo relógio de pêndulo, é calibrado no frio do inverno gaúcho. Considere que o período desse relógio é dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (6)$$

Onde L é o comprimento do pêndulo e g a aceleração da gravidade.

Pergunta-se:

- a) Este relógio atrasará ou adiantará quando transportado para o quente verão nordestino? Justifique.
- b) Se o relógio for transportado do Nordeste para a superfície da Lua, nas mesmas condições de temperatura, ele atrasará ou adiantará? Justifique.

4.2.7 5º Momento: Contextualização dos conceitos sobre Oscilações

4.2.7.1 Atividades contextualizadas

Posteriormente a resolução das questões desenvolvidas nas atividades, e a construção da explicação realizada pelo professor, se faz necessário introduzir atividade que venha estruturar o conteúdo proposto, assegurando ao educando um aprendizado com compreensão dos conteúdos, por meio de leitura de textos, vídeos e atividades contextualizadas de maneira que possa identificar a aplicação do conteúdo no meio em que o educando esteja inserido.

Sugere vídeos: Galileu o pai da ciência.

<https://www.youtube.com/watch?v=jwvxGZWa-gs>.

Que comenta sobre os experimentos realizados por ele, e contribuiriam na mudança de ver a Física e sua contribuição para o mundo.

Textos: Galileu: Da medicina para a física.

Relata previamente sobre a vida de Galileu e seus trabalhos. Encontrado no livro. Máximo, Alvarenga, Física Ensino Médio, 1. ed. São Paulo, 2005. p. 59 a 61.

4.3 Atividade 3: Utilizar Simulador de Pêndulos (Simulações *PhET*)

4.3.1 Duração: 2 aulas de 50 minutos.

4.3.1.1 Objetivos

- ✓ Utilizar simulado de física *PhET*, como uma ferramenta pedagógica, que aborda conceitos físicos apresentado no movimento dos pêndulos, intensificar e relacionar as relações de conceitos físicos que ocorrem no movimento do Pêndulo, realizar um paralelo com a aula prática ocorrida anteriormente.

4.3.1.2 Metodologia

Com a finalidade de aprimorar os resultados obtidos nos experimentos realizados em aulas anteriores, estabelecer uma atividade com o simulador de Física que demonstre os conceitos envolvidos no movimento do pêndulo.

No primeiro momento será apresentado o simulador *PhET* Figura 10. O passo a passo, como entrar no simulador, como proceder em sua utilização e, após a apresentação, dividir a sala em grupos, entregar um roteiro de como utilizar o simulador, juntamente com um questionário, solicitar que os alunos, se desloquem ao laboratório de informática para o desenvolvimento da atividade.

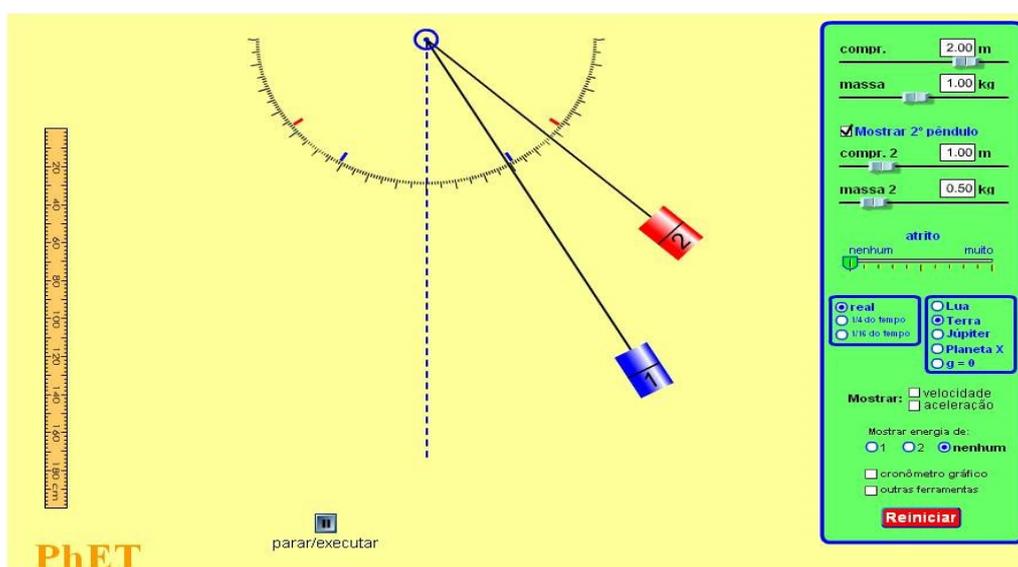


Figura 10: Ilustração do Simulador *PhET* – Pêndulo simples.

Fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab-twitter-card.png>

Passo a passo de como proceder na realização desta atividade com a fermenta digital.

1. Digitar em pesquisa: “simulador de física”, acesse o site https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_pt_BR.html
2. Clicar no ícone Movimento, em seguida em “laboratório do pêndulo”.
3. Escolha a massa de 0,5 kg, comprimento do fio 40 cm.
4. Suspenda o pêndulo a um ângulo de 10° e solte, marque o tempo para cinco (5) oscilações completas.
5. Calcule a frequência através da equação.

$$f = \frac{1}{\text{tempo de oscilações}} \quad (7)$$

6. Com base na questão 5, determine o período (T), com a equação. ($\pi = 3,14$). Em que L representa o comprimento do fio, e g aceleração gravitacional. ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (8)$$

7. Agora realize novamente o procedimento aumentando o comprimento do fio para 60 cm e compare com o procedimento 5 e 6.
8. Agora pare o pêndulo e aumente a massa para 2,5 Kg e repita os procedimentos 4, 5 e 6.
9. Aumente o comprimento do fio para 1 metro e repita os procedimentos 4, 5 e 6.
10. A frequência e o período são iguais nos procedimentos 5, 6, 7 e 8 realizados até agora? Justifique sua resposta.
11. Aumente o atrito e repita o procedimento 8.
12. Comparando os procedimentos 8 e 9, há diferença na frequência e período? Justifique sua resposta.

4.4 Atividade 4: Desenvolvimento matemático sobre movimento pendular

4.4.1 Duração: 2 aulas de 50 minutos cada

4.4.1.1 Objetivos

- ✓ Desenvolver nos educandos as relações matemáticas em relação ao Pêndulo. Comparar os resultados experimentais com os conceitos teóricos realizados nas atividades anteriores.

4.4.1.2 Metodologia

Apresentar aos alunos as fórmulas matemáticas (Quadro 2), que são utilizadas nos cálculos das oscilações ocorridas no movimento que o pêndulo executa, envolvendo, ângulo, período, frequência, massa, gravidade entre outros conceitos físicos.

Através da matematização, relacionar os fenômenos observados nos experimentos anteriores com cálculos matemáticos, para sistematizar os conhecimentos construídos nas aulas experimentais, utilizando questões que apontem conceitos relevantes ao conteúdo estudado.

No segundo momento, apresentar os cálculos matemáticos, relacionados aos fenômenos físicos, com resolução de atividades. Neste momento os alunos resolverão questões envolvendo cálculos matemáticos e questões teóricas, em grupo, para que possam trocar informações relacionadas ao conteúdo, cada aluno deverá desenvolver e registrar suas questões.

4.4.1.3 Lista de Equações

Quadro 02: Representação das fórmulas matemáticas, da oscilação do pêndulo.

<i>Movimento oscilatório e periódico do pêndulo</i>		
Descrição do movimento	Equação	Descrição da formula
Frequência Angular	$\omega = 2\pi f$	ω = frequência angular f = frequência das oscilações
Período Pêndulo simples - MHS	$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$	L = comprimento do fio T = período da oscilação g = aceleração da gravidade
Frequência	$f = \frac{1}{T}$	f = frequência T = período
Período Pêndulo físico	$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$	T = período de oscilação I_0 = momento de inércia m = massa do pêndulo d = distância do ponto de pivô g = aceleração da gravidade
Inércia do material	$I = I_{CM} + md^2$	I = inércia I_{cm} = inércia do centro de massa m = massa do pêndulo d = distância entre o CM e o eixo de rotação do pêndulo.

Fonte: Autoria própria.

4.4.2 Resolução de questões

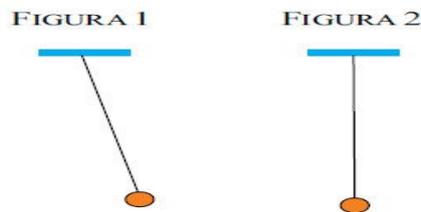
Neste momento, os educandos, em grupos, resolvem os exercícios listados abaixo seção 4.4.2.2. Possibilitar, nesta ocasião, que possam através de conhecimentos já construídos encontrar as soluções para questões propostas.

4.4.2.1 Objetivos

- ✓ Esta atividade demonstrará se houve assimilação e acomodação dos conceitos vivenciados nas atividades anteriores, possibilitando ao professor um levantamento de dados sobre o conhecimento assimilado pelos educandos.

4.4.2.2 Exercícios de assimilação

1. Qual o período e a frequência de um pêndulo simples, que tem comprimento de $0,25\text{ m}$? Considere $g = 9,81\text{ m/s}^2$.
2. Um pêndulo demora $0,5$ segundos para restabelecer sua posição inicial após passar por todos os pontos de oscilação, qual sua frequência?
3. O tempo necessário para voltar a posição inicial é denominado?
4. O período do pêndulo depende da massa da esfera?
5. Qual a relação da frequência com o movimento do pêndulo?
6. Qual a diferença entre pêndulo simples e pêndulo físico?
7. Em 1851, o francês *Jean Bernard Foucault* realizou uma experiência simples e engenhosa que demonstrou a rotação da Terra. No *Panthéon* de Paris, ele montou um pêndulo que oscilava com período de aproximadamente 16 segundos.



Abandonado da posição mostrada na Fig. 1, um pêndulo igual ao de *Foucault* passará pela terceira vez pela posição mostrada na Fig. 2, após um intervalo de tempo, em segundos, igual a?

8. Um objeto retangular de $1,5\text{ m}$, de massa desconhecida, está em oscilação uniformemente conforme e figura 12, suspensa em uma das extremidades. O momento de inércia do objeto em relação ao eixo que passa em sua extremidade é $I = \frac{1}{3}mL^2$. Determine o período.

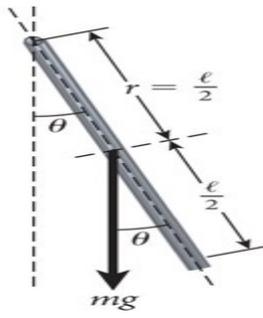


Figura 12: Referente ao Problema 8.

Fonte: https://pessoal.ect.ufrn.br/~ronai/IFC2-2016-1/A07/A3_files/shapeimage_1.png

4.5 Atividade 5: Avaliação / Pós-Teste.

4.5.1 Duração: 1 aula de 50 minutos.

4.5.1.1 Objetivos

- ✓ Avaliar a compreensão dos alunos em relação ao Pêndulo.

4.5.1.2 Metodologia

Evidenciar nesta atividade a compreensão dos conceitos matemáticos e dos fenômenos Físicos que envolvem os pêndulos, em que cada aluno entregará uma folha com as atividades propostas. Após a correção do professor, em aula posterior, deverá debater as questões a fim de solucionar dúvidas que por ventura não foram sanadas em aulas anteriores.

Para avaliar o entendimento dos alunos em relação ao conteúdo proposto, propomos as seguintes questões:

4.5.1.3 Questões relevantes sobre os conceitos vistos

1. O que você entende por movimento oscilatório?
2. Na sua concepção, você conseguiria definir o que são pêndulos. Se considerar melhor pode representa-los em forma de desenho.
3. Você identifica exemplos de pêndulo no seu dia-a-dia? Quais seriam?
4. O período do Movimento oscilatório de um sistema, pode ser definido por:
 - a) É o movimento descrito pelo objeto em sua trajetória.
 - b) É o número de oscilações descritas pelo objeto em intervalos de tempo específico.
 - c) O intervalo de tempo que o objeto levaria para retornar a sua posição inicial.
 - d) É o comprimento do fio a qual o objeto está preso.
 - e) Não sei.
5. A frequência do Movimento oscilatório de um sistema, pode ser definido por:
 - a) É o movimento descrito pelo objeto em sua trajetória.

- b) É o número de oscilações descritas pelo objeto em intervalos de tempo específico.
 - c) O intervalo de tempo que o objeto levaria para retornar a sua posição inicial.
 - d) É o comprimento do fio a qual o objeto está preso.
 - e) Não sei.
6. A massa de um objeto, por exemplo, você, que é constituído por um sistema, pode ser definido por:
- a) Quantidade de matéria que constitui um corpo.
 - b) Força gravitacional medida, sofrida por um corpo.
 - c) Força de atração entre os corpos presentes no universo.
 - d) Energia cinética presente entre os objetos.
 - e) Não sei.
7. O peso de um objeto, por exemplo, você, que é constituído por um sistema, pode ser definido por:
- a) Quantidade de matéria que constitui um corpo.
 - b) Força gravitacional medida, sofrida por um corpo.
 - c) Força de atração entre os corpos presentes no universo.
 - d) Energia cinética presente entre os objetos.
 - e) Não sei.
8. A gravidade força reguladora dos objetos, pode ser definido por:
- a) Quantidade de matéria que constitui um corpo.
 - b) Força gravitacional medida, sofrida por um corpo.
 - c) Força de atração entre os corpos presentes no universo.
 - d) Energia cinética presente entre os objetos.
 - e) Não sei.
9. Determine o período de oscilação de um pêndulo simples que possui comprimento de 90 cm, oscilando em um local onde a aceleração da gravidade corresponde a $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. (Dados: $\pi = 3,14$)
10. Um objeto retangular de 2 m de comprimento encontra-se em oscilação uniformemente, conforme figura 13, suspensa em uma das extremidades. O momento de inércia do objeto em relação ao eixo que passa em sua extremidade é $I = \frac{1}{3}mL^2$. Determine o período e a frequência das oscilações.

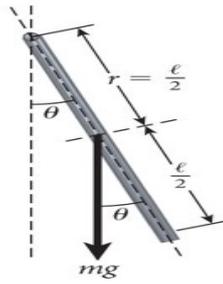


Figura 13: Referente ao Problema 10.

Fonte: https://pessoal.ect.ufrn.br/~ronai/IFC2-2016-1/A07/A3_files/shapeimage_1.png

11. Você estudou as principais características do MHS no movimento do pêndulo. Quais seriam?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BASSALO, José Maria Filardo. **Curiosidade da Física. Pêndulos: Simples e Composto**- Seara da Ciência.
Disponível em: www.seara.ufc.br/folclore/folclore360.htm. Acesso. 04. jan. 2019.
- CAVICCHIA, Durlei de Carvalho. **O Desenvolvimento da Criança nos Primeiros Anos de Vida**, Departamento de Psicologia da Educação da UNESP-Araraquara
Disponível em: <https://acervodigital.unesp.br/bitstream/123456789/224/1/01d11t01.pdf>.
Acesso. 15. nov. 2018
- FLAVELL, J. H. **A Psicologia do Desenvolvimento de Jean Piaget**. Tradução de Maria Helena Souza Patto. São Paulo: livaria pioneira, 1975.
- LUZ ANTÔNIO MÁXIMO RIBEIRO DA, Á. B. A. **Física ensino médio**. 1 ed. vol. 1
São Paulo: Scipione, 2006.
- MACHADO, V. **Determinação do momento de inércia de uma barra retangular com eixo fora de seu centro de massa**: uma atividade experimental. Revista Brasileira de Física Tecnologia Aplicada, Ponta Grossa, v.1, n.2, p. 35 – 42, dez. 2014.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: Universidade de Brasilia Editora, 1999.
- Moraes, José U. P; Junior, Romualdo S. S. **Experimentos Didáticos no Ensino de Física com foco na Aprendizagem Significativa**, v 4(3), p. 61-63, 2014. Disponível: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID69/v4_n3_a2014.pdf. Acesso, 16 junho 2018
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Basica Fluidos Oscilações e Ondas Calor**. 4º ed, v 2, São Paulo: Blucher Ltda, 2002.
- PARANÁ, D. N. D. S. **Física para o Ensino Médio**. 2ª ed. V. Único, São Paulo: Ática, 1999.
- PAIS, Luis Carlos. **Didática da Matemática**: Uma análise da influência francesa, 3º ed. 1º reimpressão, Belo Horizonte: Autêntica, 2015.
- PIAGET, J. **Seis Estudos de Psicologia**. Rio de Janeiro: Forense, 1967. [Six Études de Psychologie, 1964]
- PIAGET, J. **Psicologia e Pedagogia**, 2ª ed. Rio de Janeiro: Forense, 1972

MAHAZZBI, Pirooz. SHANKAR, P. S. **Damping of a Simple Pendulum Due to Drag on Its String**. Scientific Research Publishing, p. 122 - 130, 2017. Disponível: https://file.scirp.org/pdf/JAMP_2017012515591136.pdf. Acesso, 7. Jul. 2018

RAYMOND A. SERWAY / JOHN W. JEWETT, J. **Princípios de Física: Movimento Ondulatório e Termodinâmica**. 3º ed. v. 2, São Paulo: CENGAGE Learning, , 2011.

SERWAY, Raymond A; JEWETT, JohnW. Jr. **Física para Cientistas e Engenheiros: Oscilações, Ondas e Termodinâmica**, 8º ed. v. 2, São Paulo: Cengage Learning, , 2016.

SERWAY, Raymond A; JEWETT, JohnW. Jr. **Princípios de Física: Movimento Ondulatório e Termodinâmica**. 3ª ed. v. 2, São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SEARS, F. Z. M. W. Y. H. D. **Física 2: |Mecânica dos Fluidos Calor Movimento Ondulatório**. 2º ed. vol 2, Rio de Janeiro: LTC Editora, 1984.

SILVA, J. B; SALES, G. L; ALVES, F. R; **Didática da Física: Uma análise de seus elementos de natureza epistemológica, cognitiva e metodologia**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 35, n. 1, p. 20-41, Abr. 2018

SILVEIRA, F. L; OSTERMANN, F. **A insustentabilidade da proposta indutivista de "descobrir a lei de resultados experimentais**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, p.7-27; Jun.2002.

JR, W. B., & ARANHA, N. **Estudo das oscilações amortecidas de pêndulo físico com auxílio do "Tracker"**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v; 37, p.9, São Paulo, 20015. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n2/0102-4744-rbef-37-02-2504.pdf>. Acesso em. 07. Jul. 2018.

ZABALA, Antonio. **A Prática Educativa como ensinar**, tradução Ernani F. da F. Rosa, Porto Alegre. Artmed. 1998