

Relatório Final

F 609 – Tópicos de Ensino de Física I

10/06/2008

Pêndulo de Dois Modos de Oscilação



Aluno: João Henrique Cândido de Moura RA: 044217

Orientador: Prof. Dr. José Joaquín Lunazzi – DFMC – IFGW - Unicamp

E-mail: lunazzi@ifi.unicamp.br

Home Page: www.ifi.unicamp.br/~lunazzi

Coordenador da Disciplina: Prof. Dr. José Joaquín Lunazzi

Índice

1. Projeto	7-2
1.1 Descrição.....	7-2
1.2 Importância Didática do Trabalho	7-3
1.3 Originalidade	7-3
1.4 Lista de Materiais	7-3
2. Montagem Experimental	7-4
3. Resultados Obtidos	7-7
4. Dificuldades Encontradas	7-7
5. Pesquisa Realizada	7-8
6. Agradecimentos	7-8
7. Apêndices	7-8

1 – Projeto: Pêndulo de dois modos de oscilação

1.1 Descrição:

Esse projeto se baseia em um trabalho do Prof. Dr. Boris Zel'dovich, professor da Universidade Central da Flórida dos Estados Unidos e membro da Academia Russa de Ciências. Nos trabalhos dele, ele desenvolveu uma série de experimentos envolvendo pêndulos cujas características ele relaciona com as propriedades ópticas dos materiais.

Neste projeto pretende-se montar um pêndulo, baseado em um dos trabalhos do professor Zel'dovich, que oscile em duas direções, ou seja, um pêndulo de dois modos de oscilação. Este pêndulo então, não oscilará somente em um plano como um pêndulo simples. Ele deverá oscilar em dois planos, de modo que essas duas possibilidades diferentes de oscilação possam interferir uma na outra. Com isso, teremos um pêndulo “quase” simples. Nosso objetivo é estudar o período desse pêndulo de maneira a conseguirmos prever o período que ele leva para transferir energia de um modo de oscilação para o outro.

Este pêndulo será montado utilizando uma haste que pode ser metálica, de madeira ou de qualquer outro material, de aproximadamente 1,0m de comprimento. Essa haste será colocada a uma inclinação de 45° em relação à vertical. No ponto médio desta haste, será fixado um outro material que seja reto, que pode ser um graveto ou um espeto de madeira, ou até mesmo um cano de dimensões pequenas. Na extremidade superior da haste será amarrado um fio que também ficará amarrado no material que estiver fixado no meio da haste. Finalmente uma massa será presa ao fio de maneira que o pêndulo ficará livre para oscilar abaixo deste material a ser fixado no meio da haste. Na figura abaixo, encontra-se um esboço do aparato experimental.

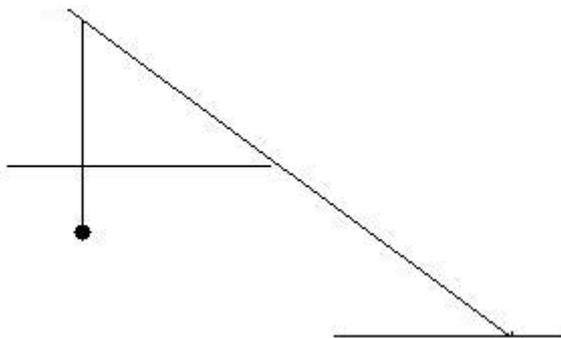


Figura 01: Esboço da montagem experimental para o pêndulo de dois modos de oscilação

Este pêndulo pode ser visto ainda como um caso bem restrito do Pêndulo de Foucault (pêndulo que pode oscilar em todas direções), já que ele poderá oscilar em duas direções.

1.2 Importância Didática do Trabalho

Esse experimento pode ser realizado em qualquer ambiente onde possa se dar a relação ensino-aprendizagem, uma vez que o mesmo pode ser feito com materiais de baixo custo, ou até mesmo com materiais que seja considerados lixo (sucata). Além disso, ele ilustra uma possibilidade de se estudar oscilações através de uma maneira de fácil compreensão pelo público do Ensino Médio em geral.

1.3 Originalidade

Como já afirmado anteriormente, esse projeto se baseia em trabalhos do Prof. Dr. Boris Zel'dovich, e consiste em uma pequena adaptação dos trabalhos dele, em que ele analisa propriedades ópticas de materiais através de experimentos com pêndulos. No Instituto de Física - IFGW da Unicamp, já foram desenvolvidos vários trabalhos que tinham como tema principal os pêndulos, mas nenhum como o que se propõem este projeto. Após uma vasta procura pela Internet não encontramos nenhuma referência a um experimento como este aqui no Brasil. Os links citados abaixo são de trabalhos correlatos a idéia desse experimento.

1.4 Lista de Materiais

- Base de Madeira;
- Haste metálica;
- Espeto para churrasco ou uma agulha de tricô;
- Barbante;
- Uma massa qualquer para ser o “peso” do pêndulo.

Esses materiais podem ser modificados durante a montagem experimental se necessário para a melhor maneira de se montar o aparato experimental.

Meu orientador, Prof. José Joaquim Lunazzi, concorda com os termos aqui estabelecidos para o projeto e declara que poderá dispor de todos os elementos necessários a menos de exceções indicadas embaixo.

Exceções: O aluno obterá o material necessário, fará as montagens e medidas experimentais.

Sigilo: Não Solicita.

2 – Montagem Experimental

Em relação à lista de materiais encontrada no texto do projeto, foram feitas certas modificações a fim de se obter a melhor montagem para o pêndulo. Todos os materiais utilizados não foram comprados, utilizaram-se exclusivamente materiais que não poderiam ser empregados para outros propósitos.

O pêndulo fica fixado em um suporte de madeira através de um dispositivo que permite que este fique a 45° em relação à vertical e esse ângulo pode ser alterado se necessário. Esse dispositivo foi confeccionado com peças metálicas, parafusos e porcas. As duas hastes que constituem o pêndulo são feitas de alumínio. A maior tem comprimento de aproximadamente 1,0 m. A menor, tem comprimento de aproximadamente 40 cm e ela está a uma distância de aproximadamente 70 cm da base do pêndulo. O pêndulo ficou da seguinte maneira, conforme as figuras abaixo. Esse arranjo experimental pode ser desmontado o que facilita o transporte. A montagem da figura 02 apresentou um problema quando se colocava o pêndulo para oscilar porque o pêndulo estava cedendo muita energia para a haste metálica de forma que esta estava trepidando e interferindo no movimento de oscilação do pêndulo.



Figura 02: Aparato Experimental inicial



Figura 03: Visão da base do Pêndulo

Para solucionar esse problema, foi colocado um dispositivo preso a haste de maneira que ela não se movimentasse e também não trepidasse. Esse dispositivo está em destaque na figura 04.



Figura 04: Dispositivo para diminuir trepidação da haste

O pêndulo ficou como está representado na figura 05. A haste menor fica completamente fixa. Uma outra possibilidade que estudamos foi substituir essa haste menor que é fixa por uma que se movimenta e possa rotacionar em torno do ponto que está fixa. Esta haste que pode se movimentar foi feita com uma agulha de tricô por se um material bem leve

e ela foi fixada a outra haste de forma a minimizar o atrito com o ponto de fixação quando ela entrasse em movimento. Esse outro arranjo experimental é mostrado na figura 06.



Figura 05: Arranjo Experimental com a haste fixa



Figura 06: Arranjo Experimental com a agulha de tricô que pode se movimentar em torno do ponto que está fixa

3 – Resultados Obtidos

Os resultados obtidos com esse experimento são qualitativos. Esse pêndulo não foi estudado quantitativamente. Estudá-lo-emos com um abordagem qualitativa. Procuramos entender o porquê ele muda de plano de oscilação e quais variáveis ou características do pêndulo permitem que isso aconteça.

Olhando para o pêndulo da figura 05, em que a haste que sustenta o pêndulo permanece fixa, vemos que quando colocamos o pêndulo para oscilar na direção correspondente ao seu próprio plano (entende-se oscilar em seu próprio plano a oscilação do pêndulo na direção da haste maior fixa ao suporte de madeira que o sustenta, ou seja, na direção em que ele foi construído), ele começa a mudar sua direção de oscilação, ou seja, ele começa a transferir energia para a outra possibilidade que ele tem de manter um movimento oscilatório. Transcorrido um certo tempo, o pêndulo mantém um padrão de oscilação com amplitude bem pequena. Ele não oscila nem no plano dele nem no plano perpendicular a ele. Ele fica oscilando realizando um movimento circular. E isso também acontece quando ele é colocado para oscilar no plano perpendicular a ele. Apesar de nessa situação ele não mostrar nenhuma tendência a mudar o modo de oscilação, ele vai se aproximando a situação descrita acima a medida que o pêndulo vai perdendo energia e parando devido a influência da resistência do ar. Notamos então que em ambas as situações o pêndulo convergirá para um estado mais favorável a ele, de menor energia.

Olhando para o pêndulo da figura 06, em que a haste é a agulha de tricô e esta pode girar livremente em torno do ponto que está fixa, vemos que ocorre exatamente o contrário. Quando ele é colocado para oscilar no plano do pêndulo não acontece nada significativo, apenas uns esboços de mudar a direção de oscilação. Mas quando ele é colocado para oscilar no plano perpendicular ao plano do pêndulo, ele chega a oscilar sem direção definida até mudar a oscilação para o outro modo. Mas essa transferência de energia que acontece nesse caso é bem pequena. A amplitude de oscilação na direção do plano do pêndulo é muito pequena.

4 – Dificuldades Encontradas

Houve dificuldade em encontrar um jeito de o pêndulo ficar a 45° em relação à vertical. A outra dificuldade foi estabelecer uma maneira para fixar a agulha de tricô do pêndulo da figura 06, em que ela pode girar em torno do ponto que está fixa. O atrito entre a agulha e esse ponto deve ser mínimo o que constitui outra dificuldade dessa montagem.

Outra dificuldade são as referências. Como afirmado no texto do projeto, esse experimento é baseado em trabalhos do Professor Zel'dovich, titular na Universidade Central da Flórida. Todos os artigos, trabalhos, publicações que encontrei na internet são fechados, ou seja, somente membros daquela Universidade podem acessar ou então se deve pagar por ele, em dólar. Não consegui ler nenhum trabalho desse professor, pois todos os links que eu encontrava remetiam a um outro site que exigia uma taxa para se ter acesso ao artigo.

5 – Pesquisa Realizada

As palavras chave utilizadas para pesquisa na internet foram: Pêndulo de Dois Modos de Oscilação, Zeldovich Pendulum, University of Central Florida Zeldovich, University of Central Florida Zeldovich Pendulum.

Outros trabalhos que pesquisei de nossa disciplina que falam sobre pêndulo são:

- Pêndulo Duplo;
- Medindo a aceleração da gravidade utilizando um pêndulo;
- Pêndulo Invertido;
- Harmonógrafo – Registrador do Movimento Harmônico de Pêndulos;
- Pêndulo Magnético Caótico;

As referências bibliográficas correlatas ao tema do experimento são as mesmas supracitadas no texto do projeto e estão reproduzidas logo abaixo.

www.ufn.ru/en/articles/2004/12/d/

www.turpion.org/php/paper.phtml?journal_id=pu&paper_id=1880

www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/oscilaciones/wilberforce/wilberforce.htm

www.feiradeciencias.com.br/sala05/05_15.asp

6 – Agradecimentos

A Luiz Gonzaga de Moura, meu avô, que contribuiu com os materiais e me ajudou na montagem do pêndulo

Ao professor José Joaquín Lunazzi, que propôs a idéia deste pêndulo e se mostrou solícito a me atender e tirar as dúvidas que surgiram durante o semestre, idéia esta que se consolidou em uma oportunidade ímpar de aprendizado em minha formação docente.

7 – Apêndices

Resumo: Utilizando materiais reaproveitáveis, foi montado um pêndulo que pode oscilar, ou seja, sair de um ponto e retornar a ele, em duas direções possíveis. Queremos estudar esse movimento e ver se uma maneira de oscilar pode interferir na outra.

Descrição: Através de materiais simples, reaproveitáveis, confeccionou-se um pêndulo quase simples. Assim o denominamos, pois diferentemente do pêndulo simples que pode oscilar somente em uma direção, ou seja, oscilar somente em um plano, esse pêndulo tem um grau de liberdade a mais, ele pode oscilar em duas direções, ou seja, apresenta dois planos possíveis de oscilação. Nosso interesse é investigar como essas oscilações acontecem e

se um modo de oscilação pode interferir no outro, de maneira que a energia do pêndulo durante a oscilação em um plano possa ser transferida para a outra possibilidade de oscilação.

Os apêndices (a teoria em nível superior) não estão apresentados aqui, pois não consegui ter acesso a nenhum artigo de algum trabalho do professor Zel'dovich, no qual esse projeto está fundamentado.