

Trabalho: Oscilador Harmônico

Alunos: André Luiz Pereira Varella – RA 980656

Welder Leite Garrido – RA 104367

Vinicius Colombo de Oliveira – RA118904

orientador – Prof. Antonio Riul Junior

1- Objetivos:

Visualizar o gráfico descrito pela movimentação (oscilação) de um corpo (massa) acoplado a uma mola e promover uma discussão sobre o seu formato.

2- Público alvo:

O trabalho tem como intuito proporcionar aos estudantes de ensino médio a visualização do gráfico da posição de uma mola no decorrer do tempo durante sua oscilação, pelo fato de alguns (alunos do segundo e terceiro anos) já possuírem as noções das leis de Newton e Hooke, bem como dos processos de transformações de energia. Tal experimento pretende, também, levar os alunos a discutirem as influências dos atritos e das características da mola durante a oscilação (eventuais fatores de amortecimento).

3)Material utilizado:

Duas molas maleáveis de ferro, peso cilíndrico de aço, duas bobinas de papel de aproximadamente 60 cm (uma bobina de reserva), um motor (de aproximadamente 1250 rpm), dois ganchos metálicos (para prender as molas), tábuas de madeira para fazer a mesa e eventuais suportes, dois *dimmers* para controlar a velocidade do motor (um de reserva caso o outro queime), pino macho (tomada), hélice de alumínio para servir de apoio para a bobina de papel, um rolamento para a bobina girar, solda, fio de estanho, eixo de aço rosqueável de 1m (acoplado ao motor), caneta piloto, fio de nylon 0,3mm (linha de anzol) cabo de enxada (madeira), pregos, parafusos, ruelas, porcas, fita adesiva, martelo, chave de fenda, furadeira. Todos os materiais estão ilustrados nas Figuras 1 a 9:



Figura 1: Ilustração do motor elétrico



Figura 2: Dimmer ligado ao motor, pino macho e dobradiça para prender o motor, ao fundo alicete.



Figura 3: Rolamento, eixo feito de cabo de enxada para encaixar a bobina de papel e hélice de apoio.



Figura 4: Acoplados, eixo, hélice e rolamento no suporte apoio.



Figura 5: Mesa com a montagem, bobina a esquerda, molas presas nos ganchos, motor preso a direita com o eixo em o papel será enrolado e furadeira.



Figura 6: Fio de nylon para evitar a rotação da caneta.



Figura 7: Panorâmica da montagem.



Figura 8: Funcionamento.

4) Funcionamento

Conforme ilustrado na Figura 10, um motor é acoplado a uma das bobinas que contém o papel e preso por uma fita adesiva à outra bobina. Ao ligar a bobina o sistema gira em movimento circular, e em uma mesa de sustentação a mola é presa a um suporte superior da mesa por um gancho metálico. Na outra extremidade é colocado um peso com uma caneta piloto fixada paralelamente ao plano da mesa. Ao ser posta a oscilar, liga-se o motor, fazendo o papel passar pela caneta desenhando assim o gráfico da oscilação correspondente.

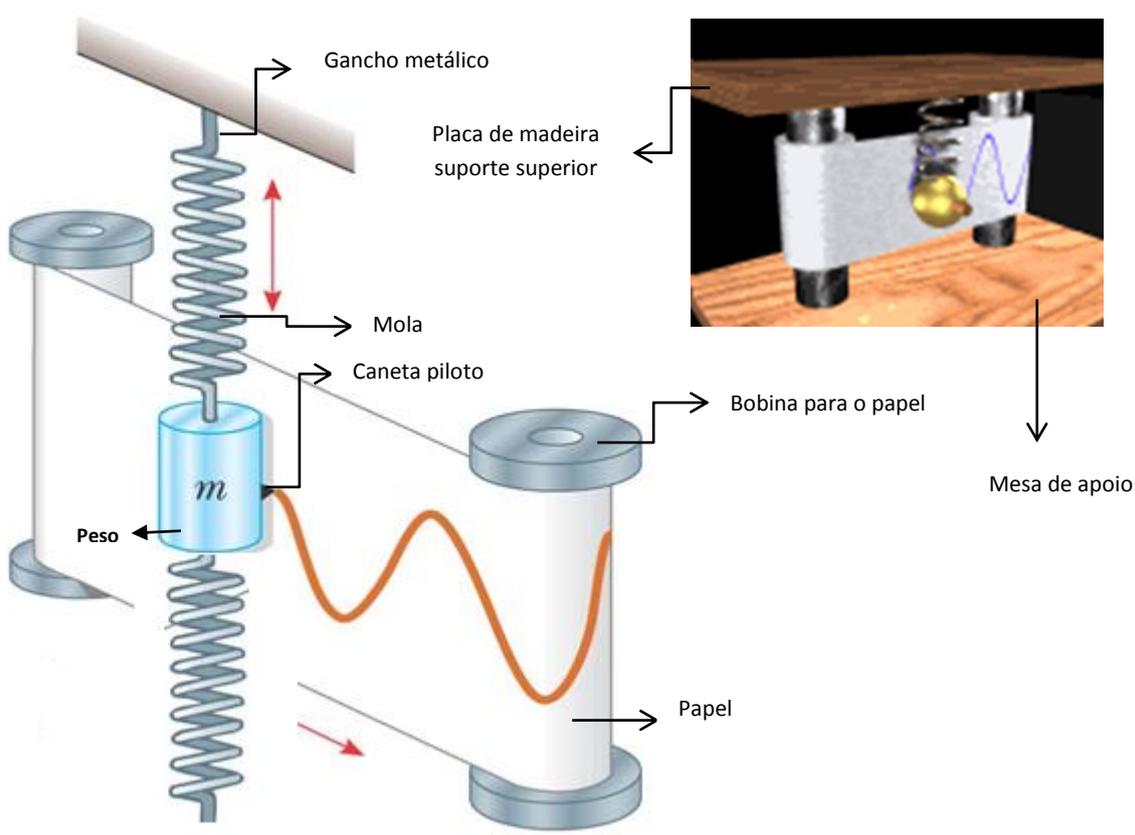


Figura 09 – Representação esquemática do dispositivo montado.

5) Orientador

Nosso orientador, o professor Antonio Riul Junior, concorda com os termos aqui estabelecidos para o projeto e declara que poderá dispor de todos os elementos necessários para a sua construção e execução sem sigilos para os dados.

6) Execução da montagem experimental:

Uma vez feito o suporte para apoiar as placas de sustentação para as molas, colocou-se os ganchos para fixação das mesmas. As molas foram feitas em Piracicaba, sob medida, a fim de satisfazer a elasticidade desejada. Os pesos também foram testados, pois estes também influenciam na deformação das molas. Vale comentar ainda que os testes de oscilação, bem como a colocação dos suportes, foram determinados de tal maneira que não perfizessem o tamanho do papel da bobina.

Medidas do diâmetro das bobinas com o papel onde será desenhado o gráfico foram feitas com paquímetro para se encaixarem adequadamente ao eixo do motor, cuja velocidade também foi testada. Ilustramos na Figura 11 parte das discussões para ajustes dos materiais utilizados.

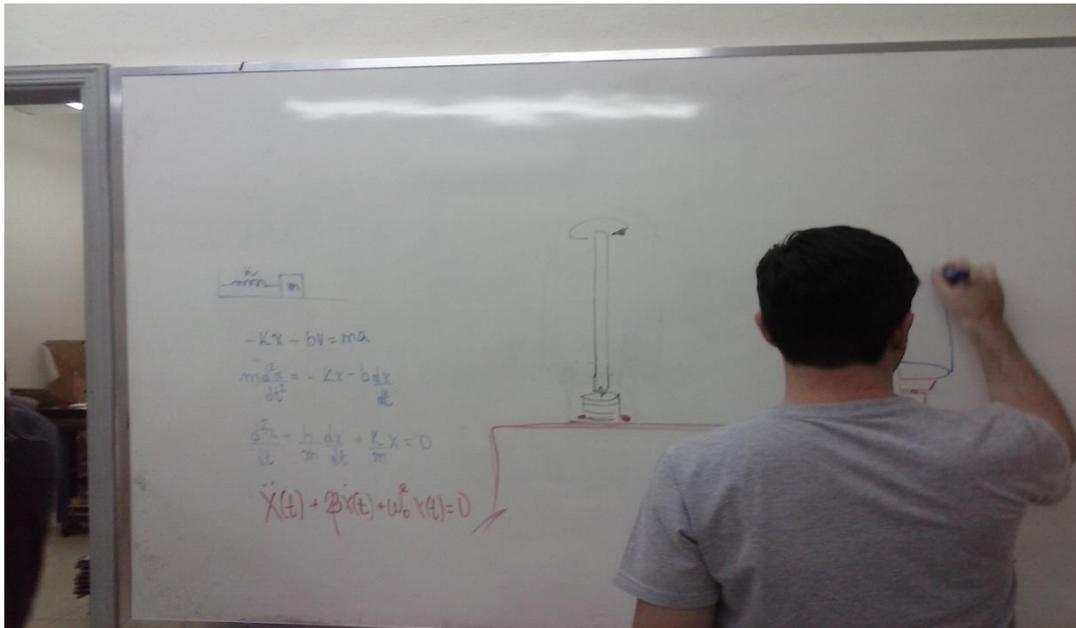


Figura 10 – Discussões sobre a configuração mecânica do sistema

7) Resultados obtidos:

Até o presente momento os resultados obtidos foram satisfatórios no sentido de que foram alcançados os objetivos do experimento (montagem mecânica dos suportes: molas, motor, bobinas, eixos) e também o resultado final que é mostrar a forma de onda esperada para este tipo de oscilação. A Figura 12 ilustra o resultado obtido para o experimento.



Figura 11 – Onda senoidal produzida como resultado do experimento.

8) Dificuldades encontradas

As maiores dificuldades encontradas até o presente momento foram:

→ encontrar e comprar os materiais, objetos e aparelhos para construção do experimento. Alguns materiais relativamente caros (motor, por exemplo).

→ tempo para o grupo se encontrar, pois todos são professores, e o tempo hábil para execução e apresentação do experimento é curto.

9) Horário da apresentação

Dia 10/06 no segundo horário 17:00 hs às 19:00hs.

10) Breve discussão teórica:

Supondo que o corpo esteja sob ação de uma força de arraste proporcional à velocidade, temos:

$$-bV - kx = ma \quad (\text{Eq.1})$$

$$\rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} x = 0 \quad (\text{Eq.2})$$

Em notação de mecânica clássica:

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad (\text{Eq.3})$$

na qual :

$$\beta = \frac{b}{2m} \quad (\text{Eq.4})$$

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m}. \quad (\text{Eq.5})$$

Supondo solução exponencial, temos:

$$x(t) = K.e^{rt} \quad (\text{Eq.6})$$

o que implica que a primeira e segunda derivadas em relação ao tempo são:

$$\dot{x} = K.r.e^{rt} \quad (\text{Eq.7})$$

e

$$\ddot{x} = K.r^2.e^{rt} \quad (\text{Eq.8})$$

na qual K é uma constante não nula.

Substituindo as equações 4, 5, 6, 7 e 8 na equação 3, obtemos:

$$(r^2 + 2\beta r + \omega_0^2)x(t) = 0 \quad (\text{Eq.9})$$

Como $x(t) \neq 0$

$$\rightarrow (r^2 + 2\beta r + \omega_0^2) = 0 \text{ (equação característica)} \quad (\text{Eq.10})$$

Resolvendo para r encontramos:

$$r = -\beta \pm \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2}. \quad (\text{Eq.11})$$

Para $\beta^2 < \omega_0^2$ (movimento harmônico subamortecido), definimos

$$\omega = \sqrt{(-1)\omega_0^2 - \beta^2} = i\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (\text{Eq.12})$$

Logo, a solução da E.D.O. é

$$x(t) = A \cdot e^{(-\beta+i\omega t)} + B e^{(-\beta-i\omega t)} = A \cdot e^{-\beta t} \cos(\omega t) + B e^{-\beta t} \text{sen}(\omega t) \quad (\text{Eq.13})$$

que podemos escrever como:

$$x(t) = D \cdot e^{-\beta t} \cos(\omega t - \delta) \quad (\text{Eq.14})$$

na qual δ é uma fase e D a amplitude do movimento.

Portanto, a solução da E.D.O. pode ser escrita na forma :

$$x(t) = D \cdot e^{-\beta t} \cos(\omega t - \delta) \quad (\text{Eq.15})$$

Quando $\beta \rightarrow 0$, $x(t) = D \cdot \cos(\omega t - \delta)$, que é o movimento harmônico simples.

11) Parecer do orientador

Projeto bem definido e com etapas bem organizadas pelos alunos. Estive um dia no laboratório de ensino acompanhando a montagem, e gostei da parceria e comprometimento estabelecido entre os integrantes do grupo, que souberam ajustar bem a divisão de tarefas. Adicionalmente, também apreciei o desenvolvimento e apresentação do problema analiticamente no relatório encaminhado, que estava bem escrito, sucinto e organizado.

Sem mais para o momento, coloco-me à disposição para eventuais esclarecimentos.

Antonio Riul Jr

12) Referências

Vídeos informativos sobre osciladores e alvo de estudo para elaboração do projeto.

Sites de pesquisa:

- 1) http://www.youtube.com/watch?v=8k9oEMAR_mI
- 2) <http://www.youtube.com/watch?v=kP4f07oAjuE> (O universo mecânico).
- 3) http://www.youtube.com/watch?v=wzEqF_UQkks (MIT - opencourseware)
- 4) Toginho Filho, D. O.; Catálogo de Experimentos do Laboratório de Física Geral do Departamento de Física – Universidade Estadual de Londrina, Março de 2009.

-Video demonstrativo do experimento:

- 5) https://www.youtube.com/watch?v=__2YND93ofE
Experimento realizado no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) pelo professor Walter Lewin – 1999.

– Página virtual do Professor Lunazzi

6)http://www.ifl.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809.htm

7)Classical Dynamics of particles and systems – Marion - Thornton