



UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL PARA SE ABORDAR OSCILAÇÕES AMORTECIDAS

Autor: Rodrigo Prazeres de Holanda ; Co-autor: Erik Cordeiro da Silva; Co-autor: Augusto César Lima Moreira; Orientador: Sérgio de Lemos Campello

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE

NÚCLEO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA EXATAS E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (NICIT)

* aclm@df.ufpe.br

1. INTRODUÇÃO

Na Física básica é bastante comum o estudo de modelos teóricos altamente idealizados que no dia a dia, são impossíveis de se obter. Um exemplo desses modelos são oscilações que, estando livres de forças dissipativas, resultariam em movimento harmônico simples por tempo indeterminado. No entanto, quando um sistema oscilatório recebe a ação de forças externas dissipativas, seu movimento reduz-se gradativamente e é dito **amortecido**.

Este trabalho consiste em uma proposta de atividade experimental aberta cujo objetivo consiste em propor um sistema oscilatório amortecido que, além de não envolver pêndulos e sistemas massa-mola, tenha a possibilidade de medir o coeficiente de amortecimento do mesmo. Lembrando que em um laboratório tradicional, o aluno deve seguir instruções (de um manual ou do professor) sobre as quais não tem nenhum poder de decisão de modo que, seguindo uma série de passos propostos, o estudante deve chegar a um objetivo pré-determinado. Já em uma atividade experimental aberta (laboratório aberto) busca-se, como outras atividades de ensino por investigação, a solução de uma questão, de um tema já estudado, que será respondida por uma experiência. Ressaltamos, dentre as várias vantagens desse tipo de atividade, a correlação entre teoria e experimento uma vez que não só a montagem do aparato experimental mas como os dados obtidos com o mesmo, são teórico-dependentes. Tal fato deixa a atividade experimental muito mais



próxima de uma atividade científica real, contribuindo assim para a discussão acerca de modelos teóricos e realidade.

2. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS

O sistema proposto consistem de um tubo em "U" por onde oscila uma esfera metálica maciça, conforme mostra a Figura 1. O atrito do tubo com a esfera e a resistência do ar exercem o papel do amortecimento. Similar à oscilação de um pêndulo simples, sendo seu amortecimento suficientemente pequeno, sua energia potencial em pontos máximos em função do tempo é dada por¹:

$$E(t) = m g h_0 e^{-\frac{c t}{2m}}, \quad (1)$$

onde c é a constante de amortecimento dada em unidade de massa por unidade de força.

O amortecimento se dá devido a uma força $F_a = -bv$, onde v é a velocidade do oscilador². Tal força tem origem no atrito entre o oscilador e o fluido no qual ele está imerso (neste caso o ar) e entre o oscilador e a superfície do tubo. Se a constante c for gradualmente aumentada, a frequência angular ω' diminui até que se anula num valor crítico: $c_c = 2m\omega_0$. Se $c = c_c$, o sistema está criticamente amortecido; se $c > c_c$, o sistema está superamortecido; e se $c < c_c$, o amortecimento é subcrítico. Os materiais utilizados foram:

- Mangueira modelo cristal transparente 3/4" x 2 mm e 1,09 m de comprimento.
- Suporte de madeira artesanal com duas colunas para apoio (ver figura 1).
- Esfera metálica maciça de massa 25 g.
- Celular *Nokia Lumia 720* (para gravação de vídeo).
- Garrafa plástica de refrigerante vazia.
- Softwares *Tracker* e *Origin 8*.

Com o material supracitado, confeccionou-se uma estrutura de madeira a fim de apoiar um tubo transparente (mangueira) em forma de semicircunferência.

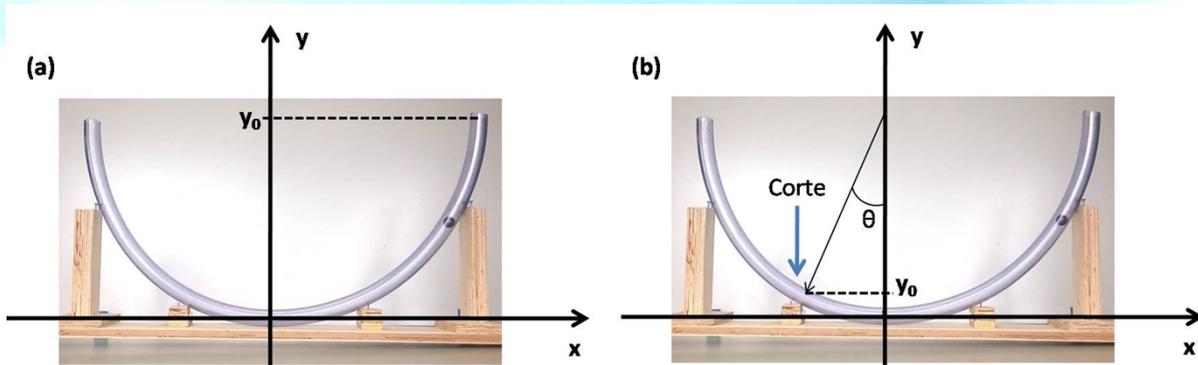


Figura 1. (a) Arranjo com tubo semicircular para estudo da oscilação amortecida. Em (b) corte feito para ‘garantir’ pequenas oscilações.

Na primeira situação (Fig. 1(a)), soltou-se a esfera metálica de uma das extremidades do tubo, de modo que ela oscilasse até atingir o repouso. Contudo, para se obter um resultado consistente com o modelo teórico obtido levando-se em conta pequenas oscilações, a esfera foi solta de uma altura menor em relação à situação anterior (Fig. 1(b)), sendo necessário para isso, um corte no tubo suficiente para a introdução da mesma.

Com o aparato pronto, as oscilações foram registradas com a câmera de vídeo do celular (*Lumia 720*) e, em seguida, os vídeos foram tratados no software *Tracker*, onde obtiveram-se dados referentes às diversas posições da esfera ao longo do tempo. Posteriormente, para análise dos dados, utilizou-se um segundo software, o *Origin 8.0*. Nele, usaram-se métodos estatísticos tais como ajuste de curva e cálculos de erro padrão, X^2 (chi-quadrado) e R^2 . O X^2 é um teste que busca o valor da dispersão entre duas variáveis, considerando a associação existente entre variáveis qualitativas. Já o R^2 , sendo um valor muito próximo de 1, indica uma forte relação entre duas variáveis, apesar delas serem, às vezes, positiva ou negativa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através do software *Tracker*, obteve-se uma tabela para a oscilação amortecida, através da qual projetou-se o gráfico da amplitude em função do tempo.

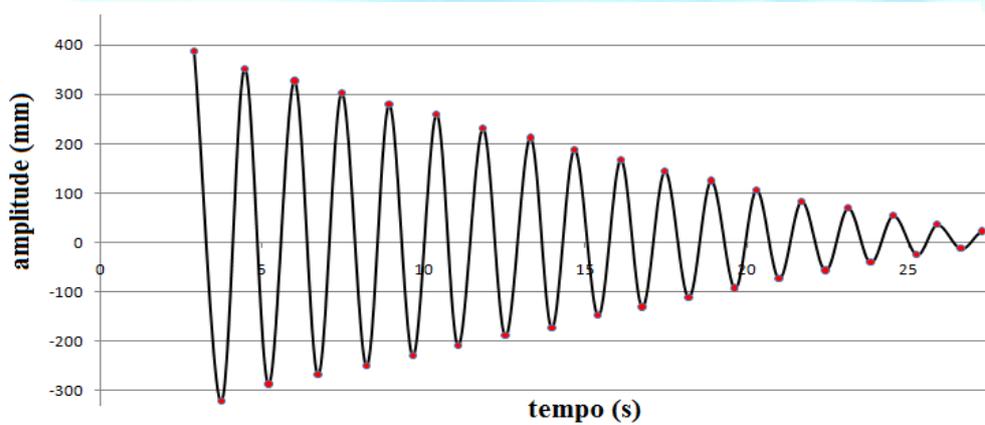


Figura 2. Gráfico da amplitude em função do tempo para a oscilação amortecida.

Observou-se plena concordância com o resultado esperado, visto que a amplitude decai exponencialmente com o tempo, conforme a equação³: $x(t) = x_m e^{-\frac{bt}{2m}}$.

Com os valores máximos da amplitude, compôs-se outra tabela, dessa vez relacionando a energia potencial gravitacional da esfera com o tempo. Em seguida, ajustou-se a curva envoltória desses pontos, cuja equação $y = a e^{bx}$ é similar a $E(t) = m g h_0 e^{-\frac{c t}{2m}}$. Nesse caso, x assume o papel de t e a constante de amortecimento c , é dada por $c = -2mb$.

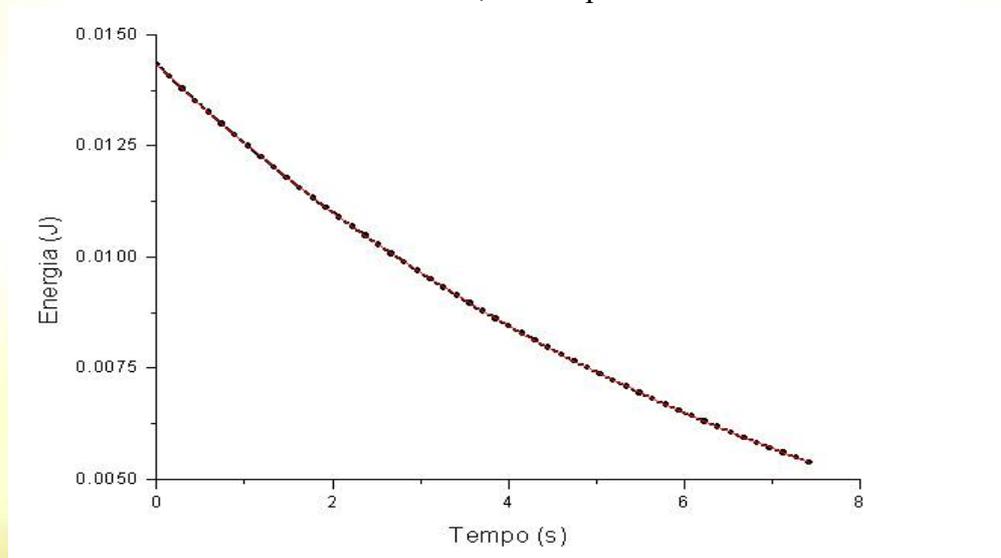




Figura 3. Curva envoltória da energia potencial gravitacional do oscilador amortecido.

Para o esboço da *figura 3* foram utilizadas amplitudes associadas a ângulos a partir de 22° para que a correção se tornasse de $\sim 1\%$.²

Os dados da curva envoltória da *figura 3* foram fornecidos automaticamente pelo software como a seguir:

Data:	Data1_B	
Model:	ExpDec1	
Equation:	$y = A1 \cdot \exp(-x/t1) + y0$	
Weighting:	y No weighting	
Chi^2/DoF	= 4.8128E-17	
R^2	= 1	
y0	-7.2022E-9	5.3443E-9
A1	0.01433	5.9257E-9
t1	7.58499	2.4989E-6

Figura 4. Dados da curva envoltória da energia potencial gravitacional do oscilador amortecido.

Considerando que os resultados obtidos para X^2 (da ordem de 10^{-7}) e R^2 ($R^2 \sim 1$) se apresentam muito próximos de seus resultados ideais⁴, respectivamente 0 e 1, pode-se afirmar que os dados experimentais são quantitativamente condizentes com resultados esperados e, portanto, o ajuste oferecido pelo software para a curva dos máximos de amplitude é bastante satisfatório. Vale também observar que os erros-padrão obtidos para os coeficientes a e b foram, respectivamente, 0,0011 e 0,0023, o que lhes garante variações muito pequenas. A partir dos dados da tabela, com os valores de a e b , escreve-se a função $E(t) = 0,06723 e^{-0,15734 t}$, sendo $c = -2 m b$, ficamos com $c \simeq 7,9 \text{ g/s}$.

4. CONCLUSÃO



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

Neste trabalho, propomos uma atividade experimental aberta onde o objetivo consistia em montar um sistema oscilatório amortecido e medir o coeficiente de amortecimento do mesmo. Sempre que se pensa em movimento oscilatório, logo vem à cabeça pêndulos e sistemas massa mola. Nessa proposta, o movimento de uma esfera abandonada dentro de um tubo em U traz consigo todas as características de um movimento oscilatório. Tal fato proporciona a diferenciação progressiva de conceitos envolvendo oscilações, que outrora estavam circunscritos à pêndulos e sistemas massa-mola. Dessa forma, ressaltamos a importância para diferentes propostas de osciladores que permitam: generalizar, reconciliar (integrativamente) e tornar este conteúdo cada vez mais significativo.

5. REFERÊNCIAS

- [1] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J.. **Fundamentos de Física**. 4ª ed., Vol. 4. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- [2] NUSSENZVEIG, Herch Moysés; **Curso de Física Básica: fluidos, oscilações e ondas, calor**. 4ª ed. rev. Vol. 2. São Paulo: Blucher, 2002.
- [3] TIPLER, Paul A.; **Física: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica**. 4ª ed. Vol. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- [4]<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fisicaequimica/relacaodedocentes973/rafaelzadorosny/apostila_fisica-lab-ii_2011-v2-1.pdf> Acessado em 29 de julho de 2015.