

Relatório Final F609

Barquinho Movido a Água

Aluno: Tiago Bruzomolini

RA: 064788

tiagobruz@gmail.com

Orientadora Elisabeth Barolli

Faculdade de Educação

bethbarolli@gmail.com

1- Descrição do Trabalho

Resumo: Este projeto procurou conceber um barquinho movido por meio de um dispositivo denominado Drinking Bird. Este dispositivo consiste de um passarinho de vidro, que faz movimentos oscilatórios devido a uma substância bastante volátil (freon ou éter) mantida em seu interior e submetida a diferentes temperaturas. A idéia foi fixar esse passarinho sobre uma base que ao ser colocada sobre um recipiente com água se movimentaria como um barquinho aproveitando o movimento de oscilação do pássaro.

Descrição: A montagem experimental consistiu em fixar o Drinking Bird sobre uma base de modo que seu movimento oscilatório pudesse ser aproveitado para movimentar essa base sobre a água. O Drinking Bird é feito de um recipiente especial que tem o formato de um pássaro com duas esferas de vidro: a superior, cabeça do passarinho e a inferior, "corpo" do passarinho, de diâmetro ligeiramente maior que o da cabeça, ligadas por um tubo de vidro.

Dentro do recipiente há certa quantidade de éter ou fréon, substâncias que se evaporam rapidamente à temperatura e pressão ambientes. Ao se fechar o recipiente à fogo, parte do ar interior é retirado.

A esfera menor (cabeça) é totalmente recoberta por uma fina camada de feltro, chamada camada higroscópica. Esse passarinho oscila em torno de um eixo sustentado pelos “pés”. Sua oscilação ocorre porque o freon é muito volátil, e na temperatura ambiente ele evapora facilmente, e este que inicialmente estava no corpo do drinking Bird evaporando vai para a cabeça dele, e assim o peso em sua cabeça aumenta de tal forma que ele se mecha para baixo tocando com o bico à água, e assim a pequena mudança de pressão e temperatura, faz com que o gás se torne líquido novamente, e assim o processo recomeça. Na montagem deste projeto os pés foram fixados em uma base de plástico, de modo que o corpo do passarinho pudesse bater na água, funcionando assim como um remo que movimentaria a base, simulando um barquinho. Como esse movimento é contínuo, o pássaro funciona como motor do barco.



gás que é utilizado)

(Drinking Bird e um

Esse experimento envolve vários conceitos de física e química, como, hidrodinâmica, lei dos gases ideais, a lei do gás combinado, que estabelece uma relação proporcional entre a temperatura e a pressão exercida por um gás a volume constante. Também dá pra se ver que a temperatura varia em níveis de energia, existindo múltiplas fases como sólido, líquido e gasoso. Isso poderia ser levado ao ensino médio de tal forma que eles pudessem ver que a massa do sistema Água-drinking Bird se conserva. A partir daí esses alunos(já com um maior entusiasmo) poderiam fazer simulações: e se a água estivesse quente? E se fosse inverno? E se a cabeça do pássaro fosse mais pesada que o corpo?

2-Resultados atingidos

O professor Jose Joaquin Lunazzi me cedeu dois passarinhos que bebem água e com suas respectivas bases Fixadoras. Um desses passarinhos estava danificado e meio remontado, no qual não consegui utilizar com precisão.

Inicialmente eu comecei a testar apenas o passarinho utilizando a base, gás e água, eu percebi que ele se movia com certa lentidão, mais depois aumentava sua velocidade. Posteriormente comecei a procurar uma base, no caso uma madeira, eu fixei na parte inferior o passarinho, sem fazer o furo, pois estava tentando ver se ele se mexeria dentro da água primeiramente e conseguiria mover a madeira. Para isso eu utilizei uma massa de modelar para fixar no barquinho, porém não deu certo, acredito que seja pelo peso da madeira, num segundo teste eu furei a parte de trás da madeira, porém não adiantou, os resultados foram os mesmos. A partir daí eu fiz testes com outro material, que preferi que fosse o plástico, devido a seu peso e seu formato. Eu utilizei um tapawer maior, pois eu faria dois furos, uma na parte em que o passarinho bebe água e outro na parte onde ele bate o corpo na água, porém eu percebi dois problemas nestes testes, um deles é que não dava pra ele beber água numa mesma altura que seu corpo batia na água, pois ele não tinha força pra voltar e também não havia uma evaporação do gás, acredito que pela pressão menor, devido a altura. O segundo problema consistia no afundamento do barco devia aos furos, ao contrario da madeira, esse afundava.

Depois de perceber esses problemas tentei com uma terceira base que era um tapawer menor, onde não fiz nenhum furo, eu apenas fixei o pássaro na parte de trás dele, e fiz um recipiente de água mais alto, melhorando sua evaporação. E em seguida coleí uma pequena pá em seu corpo pra ajudá-lo a se mover.

3- Fotos da Experiência



(Materiais que foram Utilizados)



(Montagem experimental com Base de madeira)



(Primeira base de plástico Utilizada)



(Montagem final (Ângulo 1))



(Montagem final (Ângulo 2))



(Montagem final (Ângulo 3))

4- Dificuldades Encontradas

Uma das dificuldades foi achar a base fixadora, eu encontrei, primeiramente, uma madeira, mas ela era muito pesada, depois utilizei duas bases de plástico nos dois testes seguintes, sendo que a primeira por eu ter feito um buraco acabava afundando, diferentemente da madeira, devido ao empuxo. Também posso citar como dificuldade achar uma teoria coerente com o meu projeto(parte do passarinho) que esteja em português, quase todo material está em inglês, existe uma pequena parte em espanhol.

Porém a maior dificuldade foi encontrar a montagem ideal pro barco e uma forma que ele se movesse, pois teve vários problemas de equilíbrio e movimentação deste. Quando fiz furos na primeira base de plástico percebi que não dava pra colocá-los em uma base daquele formato e peso, então fui atrás de uma base menor no qual eu poderia apenas fixar na parte traseira o

passarinho, fazendo isso ele ainda não se movia, aí utilizei água quente nos testes, pois eu acreditava que o problema era que o pássaro não estava evaporando, pois a água que tocava no corpo dele, não deixava ele se tornar gás, devido ao resfriamento, os testes com água quente deram resultados satisfatórios, porém quando subi um pouco o nível do reservatório percebi que não era esse o problema, e sim que a altura em que o pássaro ficava influenciava bastante, aí subindo os pés dele um pouco me ajudou a chegar no formato que acredito que seja o ideal. Nem precisei colocar um isolante térmico, para evitar o resfriamento.

A partir daí eles se movimentava na temperatura ambiente normalmente, porém ainda faltava algo, pois parecia que o corpo do passarinho fazia a mesma força para os dois lados quando oscilava, e não moveria o barco, então eu coloquei uma pequena pá colada em seu corpo., onde ela teria maior resistência em uma das direções, dessa forma movendo o barco.

5- Pesquisa Realizada

Minha principal pesquisa na internet foi para descobrir mais sobre dos passarinhos que bebem água (Bird), aí fui em sites de pesquisa como Google e Wikipédia e também no youtube, no qual consegui achar muitos vídeos, que iram nas referencias desse relatório.

Na Wikipédia eu consegui achar varias referencias em inglês e pouca coisa em espanhol, eu utilizei como palavra chave “ Bird”, e depois vi que ele tinha uma versão para a pesquisa em espanhol. Na versão em inglês da Wikipédia, eles fornecem alguns links interessante pra saber mais sobre o experimento, um deles é:

<http://www.howstuffworks.com/question608.htm>, No qual é explicado detalhadamente o experimento do passarinho e também fornece muita teoria. Em um outro site:

<http://jchemed.chem.wisc.edu/JCESoft/CCA/CCA2/MAIN/BIRD/CD2R1.HTM>

Encontra-se muitas imagens sobre o passarinho e vídeos, porém colocando-se a palavra chave “ Bird” no youtube, lá é possível ver vários tamanhos de pássaros e varias versões. Agora sobre a parte de funcionamento do barquinho, o porque dele se mover é física básica, que pode ser encontrado em diversos sites como por exemplo:

<http://www.efeitojoule.com/2009/08/fisica-mecanica-newton-fisica-mecanica.html>

6- Declaração do Orientador

“Meu orientador concorda com o expressado neste relatório parcial e deu a seguinte opinião:

O relatório precisa de uma revisão ampla, tanto do ponto de vista da correção gramatical, como das explicações para o funcionamento do dispositivo construído. Requer, ainda, que os conceitos e noções de Física a serem focalizadas por meio do experimento sejam melhor precisadas. Considero que a descrição dos procedimentos para a construção do dispositivo e das dificuldades encontradas estão satisfatórias, embora necessitem de revisão da redação.

Gostaria de deixar registrado que não concordo que o barquinho é movido a água. Seria quase o mesmo que dizer que um barco que se move com um remador bêbado tem como combustível o álcool que o remador ingeriu!

Referências

http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_01.asp

http://www.ifi.unicamp.br/%7Elunazzi/Modulo_III/Modulo_III.htm#3.2.3Movimento_quase_continuo_gerado

<http://www.cienciaemcasa.cienciaviva.pt.tensao.html>

<http://mars.fis.uc.pt/~cp/cab/agua/node26.html>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Evapora%C3%A7%C3%A3o>

<http://www.youtube.com/watch?v=hd7Qamg8eL0&feature=fvw>

<http://en.wikipedia.org/wiki/bird>

<http://www.youtube.com/watch?v=KUvHzFm29cg>

<http://www.howstuffworks.com/question608.htm>

<http://www.efeitojoule.com/2009/08/fisica-mecanica-newton-fisica-mecanica.html>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Empuxo>

Apêndice 1

Lei Dos Gases

lei dos gases ideais

A **lei dos gases ideais** é a equação de estado do gás ideal, um gás hipotético formado por partículas pontuais, sem atração nem repulsão entre elas e cujos choques são perfeitamente elásticos (conservação do momento e da energia cinética). Os gases reais que mais se aproximam ao comportamento do gás ideal são os gases monoatômicos em condições de baixa pressão e alta temperatura.

Empiricamente, observam-se uma série de relações entre a temperatura, a pressão e o volume que dão lugar à lei dos gases ideais, deduzida pela primeira vez por Émile Clapeyron, em 1834.

A equação que descreve normalmente a relação entre a pressão, e volume, a temperatura e a quantidade (em moles) de um gás ideal é:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

onde:

- P = Pressão
- V = Volume
- n = Moles de gás.
- R = Constante universal dos gases perfeitos
- T = Temperatura em Kelvin.

Equação de estado para os gases Reais

Tomando em conta as forças intermoleculares e volumes intermoleculares finitos, obtém-se a equação para gases reais, também chamada equação de Van der Waals:

$$\left(P + \frac{a \cdot n^2}{V^2}\right) \cdot (V - nb) = n \cdot R \cdot T$$

Onde:

- P = Pressão do gás ideal

- V = Volume do gás ideal
- n = Moles de gás
- R = Constante universal dos gases perfeitos
- T = Temperatura
- a e b são constantes determinadas pela natureza do gás com o fim de que haja a maior congruência possível entre a equação dos gases reais e o comportamento observado experimentalmente.

Teoria cinética molecular

Desenvolvida por Ludwig Boltzmann e Maxwell. Indica-nos as propriedades de um gás ideal a nível molecular.

- Todo o gás ideal é formado por pequenas partículas esféricas chamadas moléculas.
- As moléculas gasosas movem-se a altas velocidades, em forma reta e desordenada.
- Um gás ideal exerce uma pressão contínua sobre as paredes do recipiente que o contém, devido aos choques das moléculas com as paredes deste.
- Os choques moleculares são perfeitamente elásticos. No há perda de energia cinética.
- Não se tem em conta as interações de atração e repulsão molecular.
- A energia cinética média da translação de uma molécula é diretamente proporcional à temperatura absoluta do gás.

Referência: http://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_dos_gases_ideais

Apêndice 2

Calor de vaporização

A **entalpia de vaporização** ou **calor de vaporização** é a quantidade de energia necessária para que um mol de um elemento ou de uma substância que se encontra em equilíbrio com o seu próprio vapor, a pressão de uma atmosfera, passe completamente para o estado gasoso.

O calor de vaporização é expresso em kJ/mol, podendo ser expresso também em kJ/kg.

Como a vaporização é o contrário do processo de condensação, o termo **calor de condensação** também pode ser usado.

Referência: http://pt.wikipedia.org/wiki/Calor_de_vaporização

Apêndice 3

Empuxo

Impulsão ou empuxo é a força hidrostática resultante exercida por um fluido (líquido ou gás) em condições hidrostáticas sobre um corpo que nele esteja imerso. O empuxo existe graças à diferença de pressão hidrostática do corpo, visto que esta é proporcional à massa específica do líquido (ou densidade), à aceleração da gravidade, e à altura de profundidade. Essa pressão será maior na parte inferior do corpo, pois estará à maior profundidade, gerando uma força resultante, chamada Empuxo. A impulsão também é conhecida como princípio de Arquimedes.

O módulo da impulsão, I , é igual ao módulo do peso do fluido deslocado pelo corpo. Assim,

$$I = \rho_f V_f g$$

Em que:

ρ é a densidade do fluidos;

V é o volume do fluido deslocado;

g é a aceleração da gravidade ($\sim 9.8\text{N/kg}$ na Terra);

Para um corpo que flutua, a impulsão tem que superar o peso, isto é:

$I > P$, ou seja

$$\rho_c V_c g > \rho_f V_f g$$

Para que o corpo se mantenha suspenso no fluido, a impulsão tem que igualar o peso, isto é: Quando um objeto pesa mais que o volume do fluido por ele deslocado ele afunda até que o empuxo seja igual ao seu peso.

$P = I$, ou seja

$$\rho_c V_c g = \rho_f V_f g$$

Outra forma de definir a impulsão é a diferença entre o peso real e o peso aparente ($I = P_r - P_a$)

Conceito e derivação

Seja um líquido estático qualquer, com uma distribuição densidade de $\rho(\mathbf{x})$, sob a ação de um campo gravitacional $\mathbf{g}(\mathbf{x})$.

Se um corpo rígido de forma qualquer for mergulhado nesse líquido, a força que agirá sobre ele é a resultante das forças infinitesimais exercidas pela pressão do líquido em cada ponto da sua superfície. Essas forças são diretamente proporcionais à pressão e ao elemento de área correspondentes a determinado ponto da superfície, e são dirigidas para o interior do corpo, de modo que podemos escrever

$$d\mathbf{F} = -pd\mathbf{S}$$

Onde $d\mathbf{S}$ é um vetor diretamente proporcional àquele elemento de área da superfície, diretamente proporcional à pressão e na direção da normal à superfície naquele ponto, dirigido para fora do corpo. Integrando sobre toda a superfície do corpo, temos:

$$\mathbf{F} = - \int_S pd\mathbf{S}$$

A pressão em cada ponto deve obedecer a uma equação diferencial, a equação de Euler:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \mathbf{g}$$

Para um fluido estático, temos:

$$\frac{1}{\rho} \nabla p = \mathbf{g}$$

Agora usemos a identidade vetorial:

$$\int_s \mathbf{a} dS = \int_V \nabla a dV$$

Para obter, da expressão da força,

$$\mathbf{F} = - \int_V \rho \mathbf{g} dV$$

Agora, considerando que o campo gravitacional é uniforme, isto é, $\mathbf{g} = -g\mathbf{k}$, temos

$$\mathbf{F} = \int_V \rho g \mathbf{k} dV$$

$$\mathbf{F} = g\mathbf{k} \int_V \rho dV$$

Mas identificamos essa integral com a massa M de água deslocada pelo corpo, ao ser submerso. Então, temos, finalmente:

$$\mathbf{F} = Mg\mathbf{k}$$

Que é a expressão desejada para o empuxo.

Referência: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Empuxo>

Apêndice 4

Oscilador Harmônico

Oscilador harmônico, em Física, é qualquer sistema que apresenta movimento harmônico de oscilação. É dito *oscilador* pelo fato de alguma entidade física oscilar, isto é, mover-se de algum modo, num movimento de vai-vem, em torno de uma posição central. Chama-se *harmônico* por ser o seu movimento caracterizado e descrito por uma função harmônica do tempo.

Pode ser definido em Física clássica, bem como em Física quântica-relativística. Pode ser de um dos tipos:

oscilador harmônico simples (que não é forçado nem amortecido);

oscilador harmônico complexo, (que é forçado e/ou amortecido):

oscilador harmônico apenas forçado; ou

oscilador harmônico apenas amortecido; ou

oscilador harmônico forçado e amortecido;

Conquanto osciladores harmônicos simples sejam tão-somente uma idealização físico-matemática, seu estudo justifica-se pelo fato prático imensamente importante de, em muitos casos de análises reais de osciladores harmônicos complexos, ser possível e até conveniente a redução ao tratamento como se fossem daquele tipo ideal. Isso representa enormes ganhos em vários aspectos.

Todavia, a rigor, cada tipo requer tratamento físico-matemático específico.

Em Física clássica

Mecânica clássica

Em física clássica — primeiramente em mecânica clássica — um oscilador harmônico corresponde a um sistema que quando tirado da posição de equilíbrio apresenta uma força restauradora F proporcional ao deslocamento x de acordo com a Lei de Hooke:

$$F = -kx$$

onde k é uma constante positiva, dita constante elástica.

Se F for a única força atuando no sistema, o sistema será chamado de oscilador harmônico simples. É caracterizado por um movimento de "vai-e-vem" e seu deslocamento é uma função senoidal do tempo. É característica desse sistema a amplitude constante e frequência constante.

Se houver uma força de atrito que contraria o movimento diz-se um oscilador harmônico amortecido. Nessa situação a frequência de oscilações é menor que no oscilador sem amortecimento, além de a amplitude das oscilações diminuir conforme o tempo.

Caso haja uma força externa dependente do tempo diz-se que se trata de um oscilador harmônico forçado.

Finalmente, se comparecem tanto a força externa como o atrito interno, tem-se o caso do oscilador harmônico forçado e amortecido.

Exemplos de osciladores harmônicos são pêndulos, massas ligadas a molas, vibrações acústicas, além de vários outros.

Eletromagnetismo clássico

Uma analogia interessante pode-se estabelecer entre os osciladores mecânicos clássicos forçados e amortecidos com o circuito elétrico RLC submetidos a uma fonte externa de energia elétrica, pois têm a mesma solução matemática (sua equação diferencial característica é de mesma forma e ordem).

Oscilador harmônico simples

O oscilador harmônico simples é isolado de forças externas, além de não ter amortecimento algum.

$$F = -kx$$

Usando a 2ª Lei de Newton:

$$F = ma = -kx$$

A aceleração a é igual a derivada segunda de x :

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

Se definirmos $\omega_0^2 = k/m$, então a solução poderá ser escrita do seguinte modo:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$$

Podemos observar que:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x} = \frac{d\dot{x}}{dt} \frac{dx}{dx} = \frac{d\dot{x}}{dx} \frac{dx}{dt} = \frac{d\dot{x}}{dx} \dot{x}$$

Substituindo:

$$\begin{aligned} \frac{d\dot{x}}{dx} \dot{x} + \omega_0^2 x &= 0 \\ d\dot{x} \cdot \dot{x} + \omega_0^2 x \cdot dx &= 0 \end{aligned}$$

Integrando:

$$\dot{x}^2 + \omega_0^2 x^2 = K$$

onde K é uma constante, dado $K = (A \omega_0)^2$

$$\begin{aligned} \dot{x}^2 &= A^2 \omega_0^2 - \omega_0^2 x^2 \\ \dot{x} &= \pm \omega_0 \sqrt{A^2 - x^2} \\ \frac{dx}{\pm \sqrt{A^2 - x^2}} &= \omega_0 dt \end{aligned}$$

Integrando dos dois lados (sendo ϕ a constante resultante da integração) teremos:

$$\begin{cases} \arcsin \frac{x}{A} = \omega_0 t + \phi \\ \arccos \frac{x}{A} = \omega_0 t + \phi \end{cases}$$

E assim teremos a solução geral para x :

$$x = A \cos(\omega_0 t + \phi)$$

Sendo que a amplitude A e a fase inicial ϕ serão determinadas através das condições iniciais.

Do mesmo modo poderíamos escrever:

$$x = A \sin(\omega_0 t + \phi)$$

Entretanto agora ϕ está deslocado $\pi/2$ em relação a forma anterior.

Ou senão podemos escrever também:

$$x = A \sin \omega_0 t + B \cos \omega_0 t$$

já que a soma de soluções de uma equação diferencial também é solução para a equação diferencial.

A freqüência das oscilações será dada pela seguinte fórmula:

$$f = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Apêndice 5

Leis de conservação de Momento Linear

Nas situações em que, após a colisão os objetos mudam a direção de seus movimentos, podemos analisar a quantidade de movimento de cada um deles, separando-a em duas componentes: uma na direção da quantidade de movimento inicial e outra na direção perpendicular a ela. A conservação da quantidade de movimento deve se dar nas duas direções. Esse procedimento decorre do caráter vetorial da quantidade de movimento. Por sua generalidade e universalidade, a conservação de quantidade de movimento num sistema é um dos mais fundamentais princípios de conservação da Física.

Matematicamente expressamos a quantidade de movimento da seguinte forma:

$$Q = mv$$

onde m é a massa e v , a velocidade do objeto. A unidade dessa grandeza no sistema internacional SI é $\text{kg}\cdot\text{m/s}$.

Andar a pé é uma interação entre os pés e o chão. Para caminhar, nós nos impulsionamos para frente e ao mesmo tempo empurramos a Terra para trás resultando num deslocamento para frente, porém, não vemos a Terra se deslocar em sentido oposto. Isto poderia nos dar a impressão de que nosso movimento não estaria acoplado a outro e que no sistema "caminhante e planeta Terra", a conservação da quantidade de movimento não ocorreria. Esse reconhecimento é difícil porque a velocidade de recuo da Terra é desprezível. Isto se deve ao fato de a massa da Terra ser muito grande comparativamente às outras. O princípio da conservação da quantidade de movimento continua válido, mesmo neste caso.

A figura abaixo (referência - Physics in perspective, Eugene Hecht, Addison Wesley, USA 1980) ilustra um choque frontal entre 2 patinadores de igual massa m em que há a conservação da quantidade de movimento em 3 situações. No primeiro caso, os dois patinadores se chocam frontalmente, ambos com velocidade v , mas direções opostas e que depois da colisão ficam parados. Na segunda figura, só o patinador da esquerda está com velocidade v e o outro parado. Após o choque, juntos formam uma massa $2m$ e a velocidade cai para a metade $= v/2$. No terceiro caso, o primeiro patinador está com velocidade $2v$ e o segundo com velocidade v na mesma direção.

