



Universidade Estadual de Campinas
IFGW – Instituto de Física Gleb Wathaghin
1º Semestre de 2010

Projeto:
Ciências experimentais de Baixo Custo

Disciplina: F 609 – Instrumentação para Ensino



Aluno: Anderson H.R Ferreira
a058899@dac.unicamp.br



Orientador: Prof. Dr Newton Cesário Frateschi
fratesch@ifi.unicamp.br

Índice

1.Introdução	3
2.Importância didática do trabalho.....	3
3.Originalidade	3
4.Descrição	3
6.Lista de materiais de materiais utilizados para a nova proposta	4
7.Montagem do experimento e dificuldades encontradas	5
8.Anexos	6
8.1.Foto do Kit “ Os Cientistas	
8.2.Foto do Kit de Baixo Custo	
9.Fundamentação Teórica e equipamentos utilizados	6
10. Conclusão.....	22
10. Declarações do Orientador.....	23
11. Referências Bibliográficas	24

Introdução

Para este trabalho procurou-se trabalhar com um dos 50 kit's da coleção "Os Cientistas" que foi publicada na década de 70 num esforço conjunto da Fundação Brasileira para o Ensino de Ciência (FUNBEC) e a Abril Cultural[5]. Especificamente o experimento em que o renomado cientista Galileu Galilei estuda influência a resistência do ar na queda dos corpos, a vazão da água e sua importância no método de medição dos períodos de Pêndulo bem como os parâmetros que influenciam no período de oscilação de um Pêndulo Simples, e finalmente a relação de grandezas temporais (como a vazão de uma coluna de água) com o espaço percorrido por um corpo ao longo do plano inclinado. Estes estudos estão amplamente inseridos nos currículos do ensino médio, porém salienta-se que abordagem destes tópicos na maioria das escolas, podem ser ensinados de uma maneira um tanto ilustrativa por parte dos professores. Foi pensando inicialmente desta maneira, que resolveu-se resgatar a coleção do Kit "Os Cientistas" de maneira a pensar em objetos que fossem de fácil obtenção e ainda de construção simples, que pudessem trazer o prazer pela descoberta através destes experimentos. Pensando desta forma, resolveu-se trabalhar com um vídeo que pudesse mostrar o funcionamento das experiências relacionadas ao Kit bem como auxiliar também em aulas que os mesmos proponham a demonstrar o experimento.

Importância didática do trabalho

O intuito é que este novo projeto também seja disponibilizado em sites educacionais, e que possa de alguma maneira ajudar não apenas professores e alunos, mas todas as pessoas que tenham interesse em praticar ciência, de uma forma simples e de fácil acesso ,para realização da experiências amplamente trabalhadas principalmente no currículo de ensino médio.

Originalidade

O projeto foi pensado de maneira a dar continuidade ao aperfeiçoamento do trabalho de experiências em física. Pois embora seja comum a visualização de experimentos de Ciências na área da física disponibilizados na Internet , não existem ainda muitos trabalhos que mostrem como se podem construir experiências passo a passo, bem como realizar ensaios experimentais de uma maneira razoavelmente simples e que possam trabalhar conceitos básicos da Física que são discutidos ao longo dos três anos dos alunos de ensino médio.

Descrição

O projeto a ser desenvolvido terá como primeira meta trabalhar com algum kit da coleção "Os Cientistas". Este trabalho inicial terá como objetivo principal, a familiarização de alguns experimentos dos kits bem como analisar os fenômenos básicos da física e observar a coerência dos resultados fornecidos pelo ensaio. Após a familiarização do experimento, deverá ser filmado a experiência realizadas do kit e posteriormente disponibilizar o vídeo em páginas voltadas ao interesse comum de ensino de ciências. Particularmente, será disponibilizado no blog de "Os Cientistas". Terminada esta etapa inicial, o kit escolhido será estudado para que se consiga encontrar extensões que permitam desenvolver um novo projeto que tenha como objetivo explorar o mesmo conceito físico, e que possa ser construído com materiais de baixo custo e fácil acesso ,a todo grupo de pessoas interessadas em realizar experimentalmente o ensaio.

Lista de materiais de materiais utilizados para a nova proposta :

- Caixa de madeira(modelo para presente).

Queda dos corpos (Resistência do ar)

- Bolas de Gude, Esferas de Chumbo, Esferas de Plástico e Esferas de Isopor;
- Tampa de maionese

Relógio de Água

- Seringas de menor e maior vazão
- Durepox

O Pêndulo

- Linhas de pesca
- Esferas de Chumbo
- Percevejo
- Placa de Isopor

Pano Inclinado

- Madeira de 180 cm
- Carrinho
- Tinta marcadora(Corante)
- Garrafa Pet
- Equipo(conta-gotas utilizado para aplicação de soro em pacientes)

Dificuldades encontradas

Encontrar materiais que satisfizessem as necessidades da proposta do projeto, que seria encontrar uma relação entre objetos de baixo custo que conseguissem reproduzir de uma maneira satisfatória o kit original da edição “Os cientistas”. O próximo desafio será desenvolver um dispositivo que mostre a variação quadrática do espaço em função do tempo, em um plano inclinado, bem como encontrar relações que expliquem de maneira satisfatória os regimes aos quais os relógios de água devem ser trabalhados, para que os mesmos possam ser utilizados nas medições aos quais irá ser realizadas as experiências propostas pelo Kit.

Anexos:



Figura (1) – Kit Original de “Os cientistas” contendo todos os equipamentos utilizados para o experimento de Galileu.



Figura (2) – Componentes/objetos utilizados para o Kit com a nova proposta

Fundamentação Teórica e equipamentos utilizados

Queda dos corpos e a Resistência do Ar

A lei dos corpos em queda diz que todos os corpos caem com aceleração constante, uma vez que o efeito da aceleração da gravidade em todos os corpos, à mesma altura, é igual. Esta lei só é observada no vácuo, pois como a densidade dos corpos é diferente no ar, o corpo mais pesado exerce maior força e cai primeiro. A idéia inicial do Kit “Os Cientistas” é mostrar que a influência da resistência do ar, pode alterar significativamente a queda dos corpos . Utilizando então materiais que tentem “atenuar” sua resistência, pode-se observar experimentalmente que a queda de dois corpos distintos(diferentes densidades) caem ao mesmo tempo se estiverem apoiados por estes atenuadores. Através das figuras abaixo são ilustradas figuras dos objetos utilizados no Kit original bem como os objetos utilizados para nova proposta de um Kit similar de baixo custo:



Figura (3) – Esferas de diferentes materiais e densidades



Figura (4) – Esferas de diferentes materiais e densidades contendo uma tampa de material metálico, para redução da resistência do ar



Figura (5) – Materiais utilizados para proposta do novo Kit

Um exemplo frequentemente usado nos livros para exemplificar a lei da queda dos corpos consiste em colocar num tubo em vácuo uma pedra e uma pena e observar que ambos caem à mesma velocidade. Esta lei foi descoberta por Galileu Galilei .Os cientistas ficaram chocados quando Galileu declarou que uma pedra pesada e uma pedra leve caíam com velocidades iguais. Dois mil anos antes, o filósofo grego Aristóteles tinha afirmado que uma pedra de 2 quilos cairia duas vezes mais depressa que uma pedra de um quilo. Os outros professores da Universidade de Pisa, onde Galileu lecionava, mantinham que como Aristóteles era sábio e bom, ninguém devia duvidar dos seus ensinamentos.

Medida do Tempo (Vazão, Regime onde o tempo é Uniforme, Relações com os vários diâmetros)

A **clepsidra** ou **relógio de água** foi um dos primeiros sistemas criados pelo homem para medir o tempo. Trata-se de um dispositivo à água, que funciona por gravidade, no mesmo princípio da ampulheta (de areia). Nas Clepsidras de recipientes cilíndricos ou em forma de paralelepípedo, com o passar do tempo, a medida que o nível cai, a pressão também se reduz, diminuindo a vazão da água, prejudicando a linearidade da medição. Os antigos egípcios graduaram os recipientes das fonte e implementaram os recipientes em forma de cones, visando atenuar os problemas da pressão. Ainda assim, uma precisão muito melhor não era obtida.

A Clepsidra foi utilizada ao longo da história para estudos, tais como a duração de períodos curtos em experimentos, como no caso de Galileu Galilei no estudo da queda de corpos em 1610 bem como a medição do período dos pêndulos. Abaixo estão algumas das figuras que ilustram o relógio de água desenvolvido pelo projeto dos Kit's "Os cientistas" bem como os objetos utilizados para a nova proposta.

Dada a seguinte figura:



Figura (6) – Coluna de água, Bocais com diâmetros diferentes



Figura (7) – Visualização dos bocais com diâmetros diferentes



Figura (8) – Visualização dos diferentes relógios de água utilizados para a nova proposta



Figura (9) – Visualização dos diferentes diâmetros que se podem formar á partir de massa de modelar Durepox

Feita a ilustração da figuras mostrada acima deve-se procurar a obtenção de um modelo que possa descrever, o comportamento do escoamento de tal líquido, através dos diferentes diâmetros, possíveis para a utilização do experimento.

Através da equação de Bernoulli expressa por :

$$\frac{1}{2} \rho V_1^2 + P_1 + \rho g z_1 = \frac{1}{2} \rho V_2^2 + P_2 + \rho g z_2 \text{ eq(1)}$$

E ainda através da equação da continuidade, definida como:

$$\rho V_1 A_1 = \rho V_2 A_2 \text{ eq(2)}$$

Fornecida a equação da continuidade podemos ainda chegar em uma expressão , tal que :

$$V_2 = V_1 (A_1 / A_2) \text{ eq(3)}$$

Considerando que na eq(1), poderemos desprezar o termo $(P_2 + \rho g z_2) = 0$ para nosso experimento e ainda utilizando a eq(3) podemos rearranjar a eq(1) . Tomando ainda $(A_1 / A_2) = f$, chegamos em uma expressão final mostrada abaixo:

$$\frac{1}{2} \rho f^2 V_1^2 + 2 \rho g (H_0 - fvt) = \frac{1}{2} \rho V_1^2 \text{ eq(4)}$$

$$V_1^2 (1 - f^2) = 2g (H_0 - fvt) \rightarrow [V_1^2 (1 - f^2)]/2 + gft - g H_0 = 0$$

Fazendo $V_1 = V$, obtemos a seguinte relação final:

$$V(t) = gft / (1 - f^2) [1 + (2(1 - f^2) H_0) / g f^2 t^2]^{1/2} \text{ eq(5)}$$

Com a eq(5) Foi possível construir um modelo ao qual podemos fornecer parâmetros suficientes para encontrar os regimes aos quais pode-se trabalhar com os relógios de água do Kit “Os Cientistas”. Após a determinação da equação da vazão da coluna de água observamos, para qual o regime estaremos interessados em trabalhar com os relógios de água.

Abaixo, estão os gráficos obtidos para uma mesma coluna de água, porém com diâmetros D_1 e D_2 respectivamente de 0.7 mm e 1.55 mm :

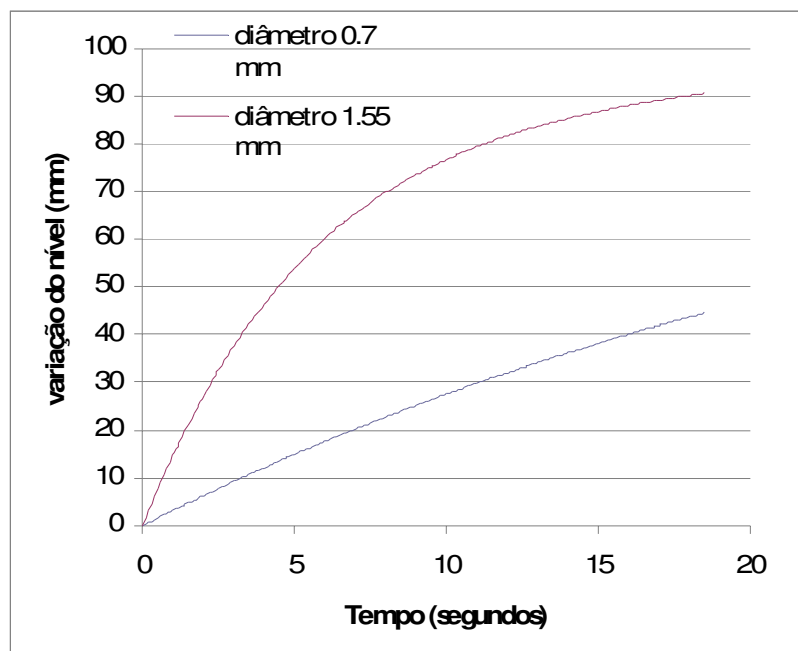


Figura (10) – Gráfico da variação do Nível de uma mesma coluna, para dois diâmetros diferentes

Através das figuras obtidas acima, pode-se verificar que para o diâmetro D_2 , pode-se trabalhar até regiões próximas a 50 mm, pois a partir desta região a variação da altura com o tempo apresenta um comportamento não mais linear. Observa-se através do gráfico abaixo, o comportamento das velocidades da vazão para os dois Diâmetros da mesma coluna mencionados anteriormente:

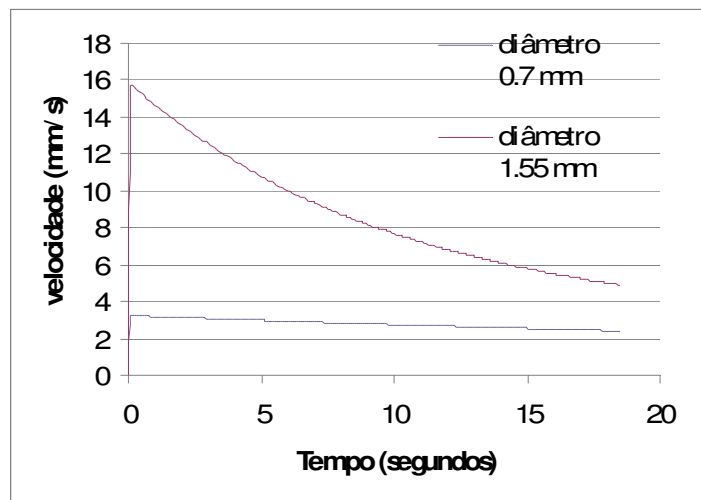


Figura (11) – Gráfico da variação da velocidade do nível de uma mesma coluna, para dois diâmetros diferentes

Através dos dois gráficos acima podemos observar as dependências dos diâmetros D_1 e D_2 com relação as respectivas variações de níveis e de velocidades. Com os resultados pela equação (5) poderão ser trabalhados com diferentes relógios de água mostrados nas figuras acima bem como conhecer o regime ao qual poderá ser trabalhado nas medições dos períodos de um pêndulo com seus respectivos parâmetros (comprimento do fio e diferentes massas).

O pêndulo Simples

O pêndulo simples consiste numa massa m suspensa por um fio ou haste de comprimento l e massa desprezível, como na figura abaixo:

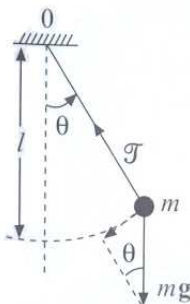


Figura (12) – Pendulo Simples

A massa m move-se sobre um círculo de raio l sob a ação do peso mg e da tensão \mathbf{T} . Decompondo a aceleração em componentes *tangencial* e *radial*, as equações do movimento são, para um ângulo de desvio θ em relação á posição vertical de equilíbrio,

$$ma_t = -ml(d^2\theta/dt^2) = mg\cos\theta - T \quad \text{eq(6)}$$

$$ma_{\theta} = ml(d^2\theta/dt^2) = -mg\sin\theta \quad \text{eq(7)}$$

A componente tangencial da eq(7) dá a equação do *movimento do pêndulo simples*

$$(d^2\theta/dt^2) = \sin\theta \quad \text{eq(8)}$$

E a componente radial da eq(7) permite obter a tensão **T** uma vez resolvida a equação do movimento.

Medindo o ângulo θ em radianos, temos, para ângulos θ pequenos,

$$\theta \ll 1 \rightarrow \sin\theta \approx \theta \quad \text{eq(9)}$$

Por exemplo, para $\theta = 0,1745$ rad (≈ 10 graus), temos $\sin\theta = 0,1736$, de modo que a eq(8) ainda é válida com erro relativo da ordem de 0,5%. Logo para *pequenos* desvios da posição de equilíbrio estável, a equação (8) se reduz como deveria, á equação de oscilação harmônica

$$\theta'' + (g/l)\theta = 0 \quad \text{eq(10)}$$

$$\omega^2 = (g/l) \quad \text{eq(11)}$$

Como $-mg$ é a força restauradora para um pequeno deslocamento $l\theta$ a eq(10) é da forma:

$$\omega^2 = \{ \text{força restauradora por unidade de deslocamento e por unidade de massa} \}$$

Pela eq(11) expressa abaixo:

$$\tau = 2\pi / \omega = 1 / \nu$$

O período τ das *pequenas oscilações* do pêndulo é:

$$\tau = 2\pi(l/g)^{1/2} \quad \text{eq(12)}$$

Segue abaixo, figuras ilustrando objetos utilizados no Kit “Os Cientistas”, bem como fotos obtidas para o Kit da proposta do projeto:



Figura (13) – Objetos do Kit “Os Cientistas” utilizados para o experimento pêndulo simples



Figura (14) – Uma das amplitudes de oscilação do pêndulo



Figura (15) – Vista de frente utilizando dois pêndulos de massas diferentes



Figura (16) – Objetos do Kit “utilizados para a nova proposta do experimento do pêndulo simples



Figura (17) – Vista lateral dos pêndulos simples utilizados para o novo Kit

Logo abaixo podemos também verificar alguns dados obtidos através do pêndulo do experimento do Kit, lembrando que para todos os resultados obtidos abaixo, foram utilizados os seguintes parâmetros:

$L(\text{comprimento do Fio}) = 40 \text{ cm}$;

Tabela 1 – Dados das oscilações obtidas para diferentes amplitudes

Periodo do Pendulo		Periodo do Pendulo	
Massa m	10 Oscilações	Massa M	10 Oscilações
Medidas	T(s)	Medidas	T(s)
1	1,28	1	1,26
2	1,28	2	1,29
3	1,28	3	1,29
4	1,28	4	1,27
5	1,29	5	1,28
6	1,28	6	1,26
Media	1,28	Media	1,28
DP	0	DP	0,01

Abaixo, a figura com as diferentes massas de bolas de chumbo encontradas para o experimento do novo Kit.



Figura 18 – Bolas de Chumbo de diferentes massas m e M

Tabela 2 – Dados das oscilações para uma mesma amplitude porém para diferentes valores da massa.

Periodo do Pendulo		Periodo do Pendulo	
Massa m	10 Oscilações	Massa M	10 Oscilações
Medidas	T(s)	Medidas	T(s)
1	1,26	1	1,28
2	1,28	2	1,27
3	1,28	3	1,28
4	1,28	4	1,28
5	1,28	5	1,26
6	1,28	6	1,26
Media	1,28	Media	1,27
DP	0,01	DP	0,01

Logo á partir das **Tabelas 1 e 2**, podemos observar que:

Erro Experimental:

$$\Delta T = (dT / dL) DL ;$$

$$\Delta L = 5 \times 10^{-3} \text{ m} ;$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 ;$$

$$L = 0,400 \pm 0,005 \text{ m}$$

Utilizando a eq (12) , Obtemos o seguinte resultado para (dT / dL):

$$(dT / dL) = [p (gL)]^{1/2} / gL$$

Logo ΔT :

$$\Delta T = [p (gL)]^{1/2} / (gL) \Delta L$$

$$\Delta T = 0,007 \text{ s}$$

Através do erro experimental obtido acima, teremos então os seguintes valores para o período T para duas amplitudes :

$$T = 1,281 \pm 0,007 \text{ s (para arc sin 4/25) ;}$$

$$T = 1,275 \pm 0,007 \text{ s (para arc sin } 7/26) ;$$

Novamente, pelo erro experimental, teremos então os seguintes valores para o período T para duas massas de Chumbo :

$$T = 1,275 \pm 0,007 \text{ s (para massa m)}$$

$$T = 1,271 \pm 0,007 \text{ s (para massa M)}$$

Podemos então verificar o erro experimental obtido, tanto para as duas amplitudes, como para as duas massas de chumbo. Através dos parâmetros fornecidos, e da equação () , Obtivemos o seguinte valor teórico para o período T do Pêndulo:

$$T = 1,269 \text{ s}$$

Onde podemos concluir que os dados obtidos pelo experimento nos fornece dados um tanto excelentes que estão perfeitamente dentro da margem de erro.

O Plano Inclinado

Galileu observou que uma esfera rolando por um plano inclinado percorria uma distância quatro vezes maior em dois intervalos de tempo (observado em uma coluna de água) do que em um único intervalo de tempo. Ele assim provou que a distância percorrida a partir do repouso variava com o quadrado do tempo. Ele mostrou ainda que a velocidade da bola ao fim de intervalos de tempo era o dobro da velocidade ao fim de único intervalo de tempo, de modo que a velocidade variava proporcionalmente com o tempo. Em outros termos, a aceleração da bola era constante. Quando Galileu aumentou cada vez mais a inclinação do plano, a aceleração da bola se tornou cada vez maior, até que o mesmo observara que para uma inclinação de 90° pode-se obter uma aceleração máxima. Para esta parte do experimento foi proposto um novo arranjo com relação a montagem original do Kit “Os Cientistas” devida as dificuldades da realização do experimento, como por exemplo a necessidade da presença de mais de uma pessoa, bem como os ajustes necessários como calços para as pernas da mesa, até que a mesma estivesse em um alinhamento perfeito para a demonstração do experimento, o que se mostrou um tanto trabalhoso e pouco eficiente. Para a nova proposta utilizamos os seguintes objetos ilustrados na figura abaixo:

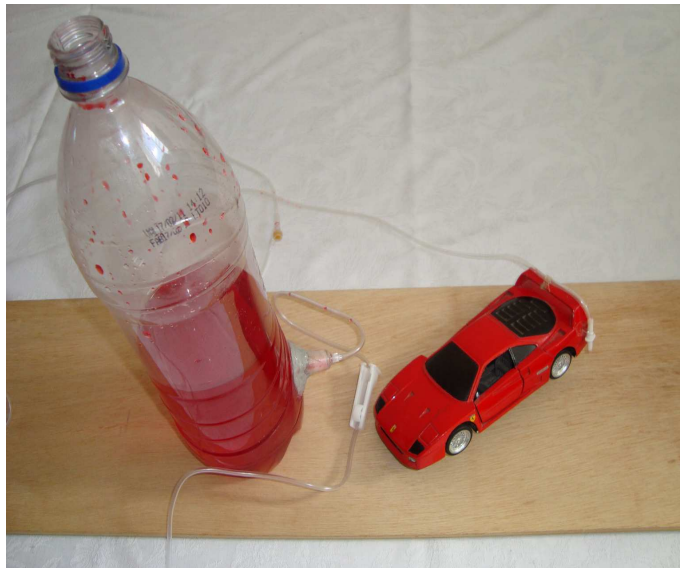


Figura (19) – Objetos utilizados para nova proposta



Figura (20) – Montagem do equipo(conta-gotas) acoplado ao carrinho

Sabendo que a aceleração g da gravidade é alterada por um fator $\sin \theta$ em um plano inclinado, logo temos que a aceleração do sistema em um plano inclinado poderá ser expresso por:

$$a = g \sin \theta \quad \text{eq(13)}$$

Para a nova proposta do experimento do plano inclinado, utilizaremos um conta-gotas do tipo equipo (utilizado na administração de medicamentos) como mostrado na figura abaixo:



Figura (21) – Dispositivo utilizado para regulagem da contagem de gotas

A figura acima nos mostra que se pode fazer o ajuste da contagem de gotas através de regulador. Logo pode-se fazer um ajuste do número de gotas por segundo, expresso por uma grandeza t (gotas

por segundo), através deste parâmetro, podemos expressar nossa contagem de tempo, pela grandeza t_n . Conhecida a grandeza acima, e conhecendo a função horária do MUV que pode ser escrita como:

$$X(t) = X_0 + V_0 t + 0.5 (g \sin \theta) t^2 \text{ eq(14)}$$

Substituindo a eq(13) e a grandeza t_n , na eq(14) teremos que:

$$X_n(t_n) = X_0 + V_0 t_n + 0.5 a t_n^2 \text{ eq(15)}$$

E assumindo as seguintes condições iniciais, que utilizaremos para o plano inclinado :

$$X_0 = 0 \text{ [m]}$$

$$V_0 = 0 \text{ [m/s]}$$

Iremos obter da eq(15), a seguinte expressão:

$$X_n(t_n) = 0.5 (g \sin \theta) t_n^2 \text{ eq(16)}$$

Com esta equação sabemos que um objeto em sua distância percorrida está variando “quadraticamente” com uma unidade de tempo. O que pode ser visto visualmente, através da figura abaixo:

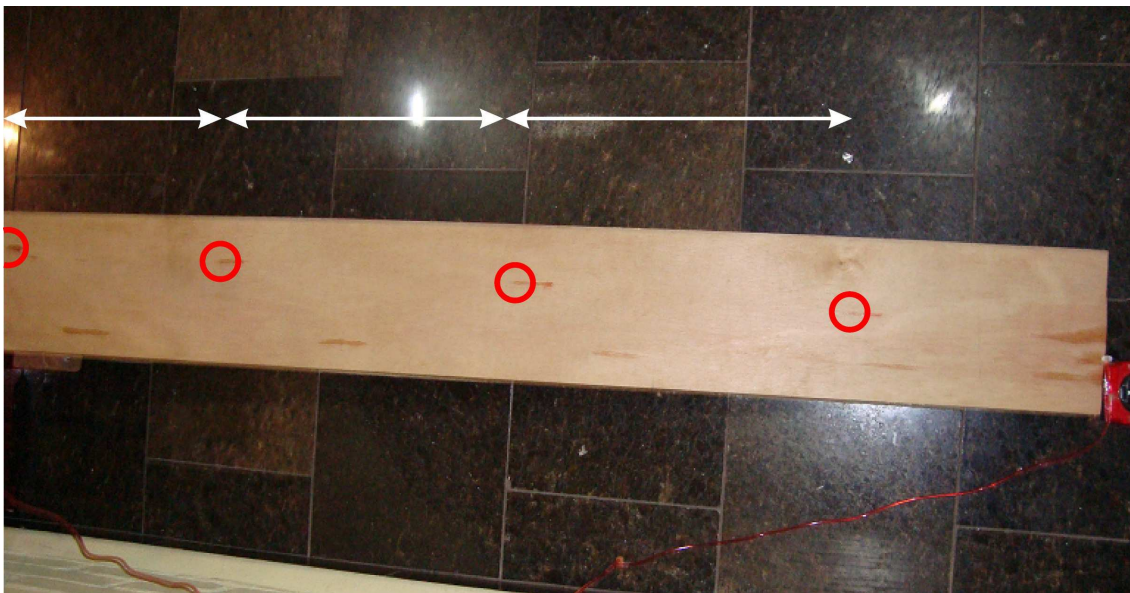


Figura (22) – Espaçamentos observados experimentalmente com o carrinho no plano inclinado

Porém , nesta nova proposta experimental, os professores poderão observar que a medida que o carrinho aumenta sua velocidade, os espaçamentos(distâncias) observados na madeira tornam-se cada vez mais iguais uma em relação aos outros, isso pode ocorrer devido a resistência do ar, e as características dos componentes do carrinho como por exemplo seus eixos e rodas. Pode-se ainda considerar que não há forças dissipativas atuando no objeto de estudo (no caso o carrinho) e através da eq(16), obtida acima, pode-se chegar a um resultado um tanto interessante com relação a razão entre as distâncias percorridas pelo objeto, se fizermos a seguinte relação:

$$[X_{(tn+1)} - X_{(tn)}] / [X_{(tn)} - X_{(tn-1)}] \text{ eq(17)}$$

Da eq(17), e utilizando a grandeza t_n teremos que:

$$[(n+1)^2 - n^2] / [n^2 - (n-1)^2] \rightarrow$$

$$[(2n + 1) / (2n-1)] \quad \text{eq(18)}$$

Ou seja, para o resultado da eq(18) expressa acima, observa-se que para um n muito grande, a eq(18) tende 1 , justificando então os espaçamentos iguais que poderá ser observado, caso os professores utilizem madeiras de comprimento maiores, levando em conta que seus carrinho possuem baixas resistência do ar, bem como um ótimo sistema de deslizamento.

Conclusão

Acredito que o trabalho realizado, permitiu-me aprofundar-me nos conceitos fundamentais aos quais a Física fora trabalhada e desenvolvida com relação aos tópicos de mecânica. Realizar este experimento, foi uma oportunidade de tentar reviver os experimentos bem como identificar-se com os principais recursos disponíveis pelo então Cientista Galileu Galilei com relação a época ao qual a Ciência estava sendo desenvolvida, e o quanto a realização dos ensaios podem melhorar o conceitos fundamentais discutidos ao longo de um curso de Física Básica. Repito que a idéia fundamental destes experimentos seja a contribuição que estes ensaios possam ter nas aulas de Física no ensino de Ciências.

Declarações do Orientador

O aluno realizou o trabalho com muito interesse e dedicação. A tarefa é bastante difícil uma vez que nestes kits a proposta é a de ensinar física com materiais do dia a dia, facilmente acessíveis. Ou seja, não se desenvolve equipamentos sofisticados com experiências glamorosas e complexas. Ao contrário experimentos muito simples que permitem a participação efetiva do aluno que se envolve com profundidade aos seus conceitos mais fundamentais. Em meu julgamento, o desempenho do aluno foi então muito bom. Seu relatório está bom, podendo certamente ser ainda melhorado, mas de forma geral o resultado foi muito gratificante. Espero que possamos concluir melhor a edição dos vídeos e partir para os outros kits da coleção que considero um marco na área de ensino de ciência no Brasil.

Referências:

[1] NUSSENZVEIG, H. Moyses (Herch Moyses) (autor). **Curso de fisica basica 1**. São Paulo: E. Blucher, c1983. 2v. : +.

[2] NUSSENZVEIG, H. Moyses (Herch Moyses) (autor). **Curso de fisica basica 2**. São Paulo: E. Blucher, c1983. 1v. : +.

[3] http://omel.com.br/BR/escola_bombas_escoamento_de_liquidos.php,

Data da visualização: 10/05/2010

[4] http://www.feiradeciencias.com.br/sala07/07_44.asp,

Data da visualização: 10/05/2010

[5] <http://oscientistas.wordpress.com/>

Data de Visualização: 10/05/2010

