
SOUNDGATE: UM DISPOSITIVO SONORO PARA MEDIR PERÍODOS^{+*1}

Edy Wilson Ferreira Mendes da Silva
Shirley Takeco Gobara
Departamento de Física – UFMS
Campo Grande – MS

Resumo

Neste artigo, relatamos a aplicação pedagógica e a construção de um dispositivo experimental de baixo custo para medir períodos, em particular, de um pêndulo simples. O baixo custo se refere a instrumentos que se encontram à disposição dos professores nas escolas. Seu funcionamento é similar ao Photogate, um dispositivo eletrônico com um emissor e um receptor de luz infravermelha. O novo dispositivo proposto funciona usando o som no lugar da luz, por isso o batizamos com o nome de Soundgate.

Palavras-chave: *Som; período; experimento; Soundgate.*

Abstract

At the present article we refer to the pedagogical use and the construction of an experimental device whose cost is minimum to measure periods, specifically of a simple pendulum. In this case the low-cost instruments are available to the teachers at schools. Its operation is similar to the Photogate, an electronics device that contains emission and reception of infrared light. The

⁺ *Soundgate*: A sound device to measure time

^{*} *Recebido: julho de 2008.*
Aceito: maio de 2009.

¹ Apoio FUNDECT

new suggested device changes light into sound during its operation so we denominated it, Soundgate.

Keywords: *Sound; period; experiment; Soundgate.*

I. Introdução

O Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Ensino de Ciência (GINPEC) da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul desenvolve alguns projetos em Ensino de Ciências na área da Física, com o objetivo de pesquisar processos de ensino e aprendizagem e propor metodologias, objetos e/ou ambientes de aprendizagem, dispositivos experimentais, etc., que trabalhem com os conceitos físicos de ondas, em particular, ondas sonoras. Este artigo trata de um desses projetos e propõe a utilização de um dispositivo experimental, o *Soundgate*, um instrumento desenvolvido para medir períodos de um pêndulo simples, possibilitando determinar o valor da aceleração gravitacional com uma boa precisão.

II. O *Soundgate*

Com a informatização das escolas, o computador é uma realidade presente no ensino, e muito útil, em especial, em ciência. Um dos desafios do grupo GINPEC é pesquisar e propor formas de usar essa tecnologia para trabalhar os conceitos de ondas sonoras, mas de maneira inovadora. Várias possibilidades estão sendo pesquisadas e, dentre elas, optamos por utilizar o som como ferramenta para o estudo de outro conceito físico: o de movimento periódico.

O *Soundgate* tem o seu princípio de funcionamento baseado no *Photogate*, um dispositivo eletrônico com diodo emissor de luz e um detector de luz – uma fotocélula. Essa fotocélula é ativada ou desativada quando um objeto opaco passa em sua frente, interrompendo o sinal luminoso do diodo emissor de luz. No *Soundgate*, substituímos o diodo emissor de luz por um alto-falante e a fotocélula, por um microfone. Trata-se de um dispositivo que “percebe” quando um objeto passa entre o alto-falante e o microfone, pois a intensidade do som captada pelo microfone diminui.

Esse dispositivo utiliza a placa de som, o microfone e o alto-falante na sua montagem física. Para gerenciá-lo, foi desenvolvido um *software* utilizando o *Macromedia Flash* associado a uma página *html*. O *software* gerenciador encon-

tra-se disponível gratuitamente para ser usado diretamente na internet, dispensando assim sua instalação.

II.1 Montagem

A montagem da parte física é simples e não requer nenhum conhecimento técnico especializado, bastando ligar os alto-falantes e o microfone no computador e calibrá-los.

Um dos alto-falantes deve ser posicionado de frente para o microfone, a uma distância de 5 cm a 10 cm, conforme mostra a Fig. 1.

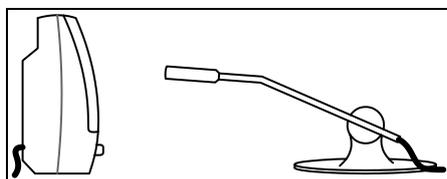


Fig. 1

II.2 Calibragem

O *Soundgate* encontra-se hospedado no endereço:

<<http://www.edy.pro.br/Soundgate>>.

Após acessar o endereço, o computador abrirá automaticamente uma caixa de diálogo (Fig. 2) e o usuário deverá clicar na opção “Permitir”, para que o *Soundgate* tenha acesso ao alto-falante e ao microfone.

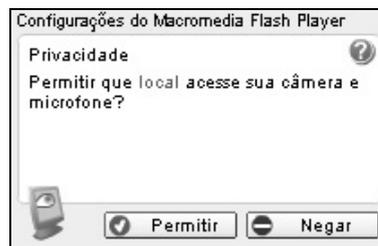


Fig. 2

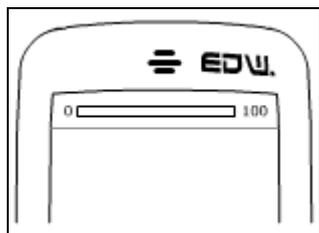


Fig. 3

Com o *Soundgate* aberto, o microfone e o alto-falante posicionados, o usuário deverá abaixar o volume do som e iniciar a cronometragem clicando no botão “Iniciar” do programa e, gradualmente, deverá ir aumentando o volume do som até o sensor do *Soundgate* atingir o nível 100 (ver no visor do programa – Fig. 3). Depois deverá passar a mão entre o alto-falante e o microfone e verificar se o nível do sensor diminui sensivelmente. Caso isso

não aconteça, deve-se abaixar o volume e iniciar novamente a calibragem.

Observação: O nível do sensor deve permanecer no máximo quando não houver nada entre o alto-falante e o microfone, e deve cair quando algum obstáculo for colocado entre eles.

III. Soundgate: Experimentos

Para a utilização do *Soundgate*, sugerimos dois experimentos: um para estudar as grandezas físicas que influenciam no período do pêndulo simples e outro para determinar a aceleração local da gravidade.

III.1 Pêndulo Simples

Essa experiência pode ser trabalhada com alunos do nono ano do Ensino Fundamental ou do primeiro ano do Ensino Médio. Nessa atividade, trabalha-se a dependência do período com as grandezas: massa, comprimento do fio e ângulo de oscilação. Em geral, essa experiência é feita com cronômetros digitais ou analógicos, o que toma tempo, necessitando de toda a aula para a experimentação. Outro fator desfavorável para medir manualmente o período, é que nem sempre os resultados obtidos têm boa precisão. Com o uso do *Soundgate*, ganha-se em precisão nos dados coletados e no tempo da experimentação. O tempo extra ganho com o uso do *Soundgate* permite ao professor apresentar o conteúdo, discutir o que será observado no experimento e levar os alunos a levantarem hipóteses relacionadas aos fatores que podem influenciar no período de oscilação do pêndulo, para depois verificar se essas hipóteses se confirmam ou não durante o experimento.

No anexo 1, encontra-se uma sugestão de roteiro para a realização dessa experiência.

III.2 Aceleração Gravitacional

Determinar o valor local da aceleração da gravidade é uma atividade interessante para alunos do Ensino Médio, mas não é adequada para o Ensino Fundamental, porque é necessário que os estudantes tenham conhecimento de alguns conceitos físicos mais específicos e um maior rigor matemático que, usualmente, não são desenvolvidos no nível Fundamental.

III.3 Montagem do Pêndulo

Para a construção do pêndulo serão necessários:

- Linha de algodão nº 10.
- Madeira (Retalho de madeira ou de MDF).
- Suporte para o pêndulo.

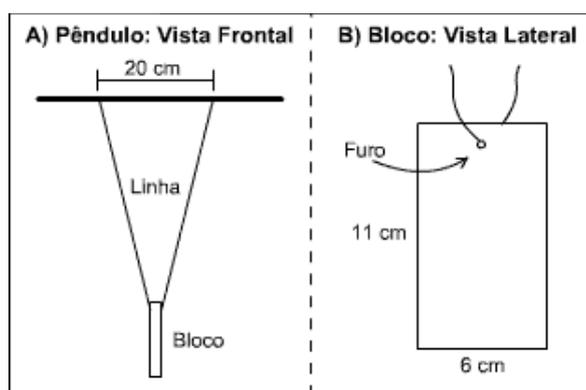


Fig. 4

Para a utilização do *Soundgate*, deve-se montar pêndulos de acordo com o esquema da Fig. 4-A e confeccionar blocos de madeira, conforme Fig. 4-B.

Primeiramente, para a confecção do pêndulo, deve-se cortar um bloco de madeira ou de MDF no tamanho aproximado de 11 cm x 6 cm, com a espessura variando de 1 cm a 1,5 cm e fazer um furo em uma das extremidades do bloco, como mostra a Fig. 4-B. Essa talvez seja a parte mais trabalhosa para o professor.

Para verificar a dependência do período de oscilação do pêndulo com a massa, é necessário confeccionar blocos de mesma área, mantendo as mesmas dimensões para a largura e altura (11 cm x 6 cm), porém com espessuras diferentes.

Para manter o movimento do pêndulo unidimensional, a linha deve apenas atravessar o furo do bloco (sem amarrar). As pontas livres da linha devem ser fixadas no suporte a uma distância aproximada de 20 cm de uma ponta a outra, conforme Fig. 4-A.

Observação: Como suporte para o pêndulo, use hastes rígidas ou cabos de vassouras apoiados sobre mesas e/ou cadeiras.

IV. Ao professor

O *Soundgate* foi projetado para registrar o instante em que o objeto passa entre o alto-falante e o microfone e não para registrar o período. Assim, os alunos devem determinar o período de oscilação do pêndulo, calculando o intervalo de tempo entre dois instantes de índice par.

O primeiro tempo (instante) marcado pelo *Soundgate* deve ser descartado, pois esse primeiro instante depende de variáveis que podem influenciar no valor correto, como: o momento em que o aluno coloca o pêndulo para oscilar e o instante em que o *Soundgate* é ligado; os demais instantes dependem somente do período de oscilação do pêndulo.

Para iniciar as atividades, é interessante que o professor discuta o conceito de centro de massa para que o aluno entenda como se efetua a medida do comprimento do pêndulo, ou seja, a distância do suporte ao centro de massa do bloco. Para determinar o centro de massa dos blocos, basta encontrar a intersecção das diagonais da superfície retangular deles, visto que, no experimento, são utilizados blocos retangulares.

Na primeira sugestão de experimento (Roteiro I – Pêndulo Simples), o período de oscilação do pêndulo depende somente da aceleração local da gravidade e de seu comprimento, mas sugere-se verificar a “influência” da massa e do ângulo no período de oscilação do pêndulo.

A segunda sugestão de atividade (Roteiro II – Usando um pêndulo simples para determinar o valor local da gravidade) tem como objetivo determinar a aceleração da gravidade local e analisar a influência da gravidade no período de oscilação do pêndulo. Como não é possível variar a aceleração local da gravidade, foi proposto um problema a partir de uma situação hipotética: a realização do experimento na Lua. Para verificar o valor da aceleração gravitacional obtida experimentalmente, sugere-se que o professor utilize o valor pré-determinado no artigo “Variação da aceleração da gravidade com a latitude e altitude” (LOPES, 2008).

Para finalizar as atividades, sugere-se que o professor explore os fatores históricos que envolvem o estudo do movimento pendular por meio da leitura do artigo “Metodologia e política em ciência: o destino da proposta de Huygens de 1673 para adoção do pêndulo de segundos como um padrão internacional de comprimento e algumas sugestões educacionais” (MATTHEWS, 2001).

V. Considerações finais

O *Soundgate* foi desenvolvido, a partir do desafio de usar conceitos físicos sobre onda sonora, para criar um instrumento capaz de medir tempo que tivesse uma aplicação prática.

A proposta de utilização desse dispositivo – o *Soundgate* –, inicialmente desenvolvido para realizar experimentos sobre o movimento pendular, parte agora para uma segunda etapa: a sua aplicação em experimentos de cinemática, mais especificamente, no estudo dos conceitos de velocidade e aceleração.

O *Soundgate* não foi desenvolvido com o intuito de substituir o cronômetro e muito menos o *Photogate*. Trata-se apenas de mais uma opção para o professor realizar atividades experimentais para o ensino de Física.

Bibliografia

HALLIDAY D.; RESNICK R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1998. v. 1.

BRITO, A. A. S. Um pêndulo simples barato. **Revista de Ensino de Física**, v. 1, n. 1, p. 14-18, jan. 1979.

BAZIN, M.; LUCIE, P. Por que e como estudar o pêndulo simples no ensino básico? **Revista de Ensino de Física**, v. 3, n. 1, mar. 1981.

GRAF **Física 2: Física térmica/Óptica**. São Paulo: EDUSP, 1991.

LOPES, W. Variação da aceleração da gravidade com a latitude e altitude. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 561-568, dez. 2008. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/9106/8450>>. Acesso em: 22 abr. 2009.

MATTHEWS, M. Metodologia e política em ciência: o destino da proposta de Huygens de 1673 para adoção do pêndulo de segundos como um padrão internacional de comprimento e algumas sugestões educacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 18, n. 1, p. 7-25, abr. 2001. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084/6555>>. Acesso em: 22 abr. 2009.

Roteiro I: Pêndulo simples

Resumo

Um pêndulo simples é um sistema mecânico formado por um corpo ideal que consiste de uma partícula suspensa por um fio inextensível e de massa desprezível. O corpo descreve um arco de circunferência em torno do ponto de oscilação.

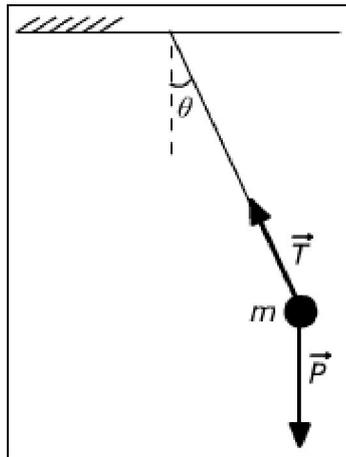


Fig. I-A

A descoberta da periodicidade do movimento do pêndulo foi feita por Galileu Galilei (1564-1642). O movimento de um pêndulo simples envolve basicamente uma grandeza chamada período (simbolizada por T), que é o intervalo de tempo gasto pelo objeto para percorrer toda a trajetória (ou seja, retornar a sua posição inicial, correspondendo a um ciclo do movimento). Associada a essa grandeza, tem-se a frequência (f), definida como a quantidade de ciclos realizados em uma unidade de tempo. Numericamente, a frequência é igual ao inverso do período ($f = 1/T$). A unidade da frequência no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o hertz (Hz): 1Hz equivale a um ciclo por segundo.

Problemas propostos

Verificar experimentalmente se o período de um pêndulo simples depende:

- do ângulo de soltura (θ).
- do comprimento do fio (L).
- da massa (m).

Material

- Computador com saída de áudio e entrada para microfone.
- Alto-falante.
- Microfone.
- Bases e suportes.

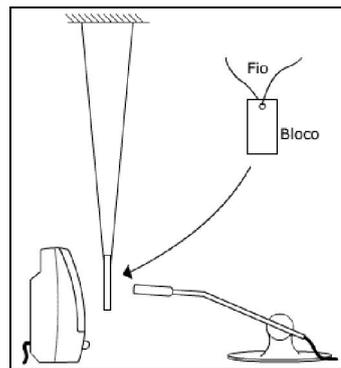


Fig. I-B

- Um pêndulo simples composto por um fio e um bloco de madeira.

Montagem do experimento

Monte o experimento conforme a Fig. I-B e, para maior facilidade de manuseio e cálculo, use um bloco de madeira de forma regular e retangular (facilita encontrar o centro de massa) com um furo em uma das extremidades para passar um fio.

Procedimento experimental

Verifique a montagem do *Soundgate*, conforme mostra a Fig. I-B e realize as medidas.

Parte 1 - Para verificar a dependência do período com o ângulo de soltura:

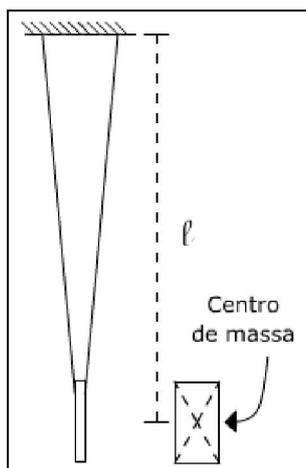


Fig. I-C

1.1 Monte um pêndulo com mais ou menos 75 cm de comprimento. O comprimento deve ser medido da base ao centro de massa do bloco; ver Fig. I-C.

1.2 Usando um transferidor para medir o ângulo de oscilação, solte o pêndulo com um ângulo de aproximadamente 5° , anote na Tabela 1-A os doze primeiros valores cronometrados no *Soundgate* e termine de preencher a Tabela.

1.3 Repita o passo 1.2, mas, agora, usando um ângulo de aproximadamente 10° . Anote os resultados na Tabela 1-B e termine de preencher a Tabela.

Parte 2 - Para verificar a dependência do período com o comprimento do fio:

2.1 Ainda utilizando o mesmo pêndulo da 1ª parte do experimento, coloque-o para oscilar. Anote na Tabela 2-A os doze primeiros valores cronometrados no *Soundgate* e termine de preencher a Tabela.

2.2 Altere o comprimento do fio para aproximadamente 150 cm e coloque o pêndulo para oscilar. Anote na Tabela 2-B os doze primeiros valores cronometrados no *Soundgate* e termine de preencher a Tabela.

Parte 3 – Para verificar a dependência do período com a massa:

3.1 Utilizando ainda o mesmo pêndulo *do item 2.2*, coloque-o para oscilar. Anote na Tabela 3-A os doze primeiros valores cronometrados no *Soundgate* e termine de preencher a Tabela.

3.2 Monte novamente o pêndulo com o mesmo comprimento do pêndulo usado no item 3.1, mas, agora, com uma massa diferente e coloque-o para oscilar. Anote na Tabela 3-B os doze primeiros valores cronometrados no *Soundgate* e termine de preencher a Tabela.

Tabela 1 – Observando a dependência do período com o ângulo de oscilação.

Tabela 1-A				Tabela 1-B			
Ângulo: _____				Ângulo: _____			
	t(s)	Períodos			t(s)	Períodos	
01		T ₁ (s)	02 - 04	01		T ₁ (s)	02 - 04
02			04 - 06	02			04 - 06
03		T ₂ (s)	06 - 08	03		T ₂ (s)	06 - 08
04			08 - 10	04			08 - 10
05		T ₃ (s)	10 - 12	05		T ₃ (s)	10 - 12
06			11 - 12	06			11 - 12
07		T ₄ (s)		07		T ₄ (s)	
08				08			
09		T ₅ (s)		09		T ₅ (s)	
10				10			
11				11			
12				12			
$T = \sum T_n / 5 = \text{_____ s}$				$T = \sum T_n / 5 = \text{_____ s}$			
$f = 1/T = \text{_____ Hertz}$				$f = 1/T = \text{_____ Hertz}$			

Tabela 2 – Observando a dependência do período com o comprimento do pêndulo.

Tabela 2-A				Tabela 2-B			
Comprimento: _____ m				Comprimento: _____ m			
	t(s)		Períodos		t(s)		Períodos
01				01			
02			T ₁ (s)	02			02 - 04
03				03		T ₁ (s)	
04			T ₂ (s)	04			04 - 06
05				05		T ₂ (s)	
06			T ₃ (s)	06			06 - 08
07				07		T ₃ (s)	
08			T ₄ (s)	08			08 - 10
09				09		T ₄ (s)	
10			T ₅ (s)	10			10 - 12
11				11		T ₅ (s)	
12				12			
$T = \sum T_n / 5 = \text{_____ s}$				$T = \sum T_n / 5 = \text{_____ s}$			
$f = 1/T = \text{_____ Hertz}$				$f = 1/T = \text{_____ Hertz}$			

Tabela 3 – Observando a dependência do período com a massa do pêndulo.

Tabela 3-A				Tabela 3-B			
Massa: _____				Massa: _____			
	t(s)		Períodos		t(s)		Períodos
01				01			
02			T ₁ (s)	02			02 - 04
03				03		T ₁ (s)	
04			T ₂ (s)	04			04 - 06
05				05		T ₂ (s)	
06			T ₃ (s)	06			06 - 08
07				07		T ₃ (s)	
08			T ₄ (s)	08			08 - 10
09				09		T ₄ (s)	
10			T ₅ (s)	10			10 - 12
11				11		T ₅ (s)	
12				12			
$T = \sum T_n/5 = \text{_____ s}$				$T = \sum T_n/5 = \text{_____ s}$			
$f = 1/T = \text{_____ Hertz}$				$f = 1/T = \text{_____ Hertz}$			

Análise dos resultados obtidos

Analise os valores das Tabelas e responda às questões abaixo.

1. O período de um pêndulo simples depende do ângulo de soltura?
2. O período de um pêndulo simples depende do comprimento do fio?
3. O período de um pêndulo simples depende da massa?
4. Um de seus amigos pede ajuda para arrumar um relógio de pêndulo que está sempre adiantado. Para que o relógio marque corretamente as horas, você deve dizer a seu amigo que:
 - (01) diminua a massa do pêndulo.
 - (02) aumente a massa do pêndulo.
 - (04) diminua o comprimento do fio.
 - (08) aumente o comprimento do fio.
 - (16) diminua o ângulo de oscilação.
 - (32) aumente o ângulo de oscilação.

Justifique sua resposta.

Roteiro II: Usando um pêndulo simples para determinar o valor local da gravidade

Resumo

Isaac Newton foi o primeiro a observar que "No universo tudo se passa como se a matéria atraísse a matéria, na razão direta de sua massa e na razão inversa do quadrado de sua distância". Baseado no estudo sobre a interação entre massas ele formulou o princípio que ficou conhecido como Lei da Atração Gravitacional.

Galileu, em meados do século XVI, observou que o movimento de um pêndulo nos permite determinar a aceleração gravitacional (g). Isso porque o período

(T) de oscilação de um pêndulo depende apenas de duas grandezas: seu comprimento (L) e a aceleração gravitacional local (g). O período pode ser determinado pela expressão:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Isolando g da expressão acima, obtém-se o valor da aceleração gravitacional:

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2} .$$

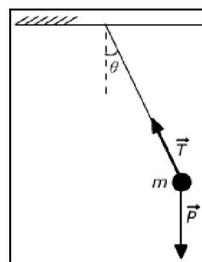


Fig. II. A

Problemas propostos

Determinar o valor local da gravidade.

Material

- Computador com saída de áudio e entrada para microfone.
- Alto-falante.
- Microfone.
- Um pêndulo simples composto por um fio e um bloco de madeira.
- Bases e suportes.

Montagem do experimento

Monte o experimento conforme a Fig. II-B e, para maior facilidade de manuseio e cálculo, use um bloco de madeira de forma regular e retangular (facilita encontrar o centro de massa) com um furo em uma das extremidades para passar um fio.

Procedimento experimental

1. Verifique a montagem do *Soundgate*, conforme a Fig. II-B.

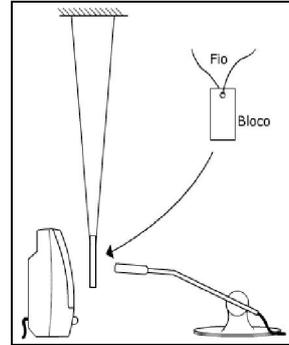


Fig. II-B

2. Marque o centro de massa do bloco de madeira (ver Fig. II-C) para facilitar a medida do comprimento do pêndulo.

3. Usando um transferidor para medir o ângulo de oscilação, afaste o pêndulo da posição de equilíbrio e coloque-o para oscilar a partir de um ângulo inferior a 10° .

4. Anote na *Tabela II.1* os primeiros 12 instantes registrados no *Soundgate*, calcule os 5 primeiros períodos do pêndulo e termine de preencher a *Tabela II.1*.

5. Usando os valores da Tabela 1, calcule os períodos correspondentes e determine o valor local da gravidade usando a expressão:

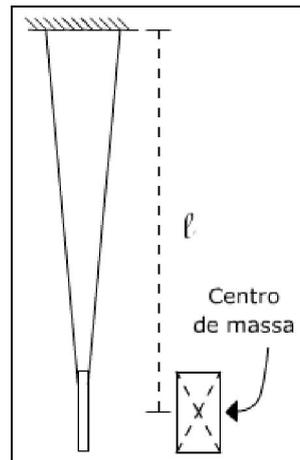


Fig. II-C

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2} .$$

Tabela II.1

Ângulo: _____		
	t(s)	Períodos
01		T ₁ (s)
02		
03		T ₂ (s)
04		
05		T ₃ (s)
06		
07		T ₄ (s)
08		
09		T ₅ (s)
10		
11		
12		
$T = \frac{\Sigma T}{5}$		
$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$		

Atividade extra

Sabendo que a aceleração da gravidade na Lua é um sexto da aceleração da gravidade na Terra, se hipoteticamente você montasse esse experimento na Lua, qual seria o período do pêndulo registrado pelo *Soundgate* na Lua?