

# Determinação do Valor da Aceleração da Gravidade

Albino Pinto<sup>1</sup> e Carlos Saraiva<sup>2</sup>

1. Agrupamento de Escolas da Lixa
2. Agrupamento de Escolas de Trancoso, Trancoso

albinorafael@sapo.pt

carlos.saraiva1@gmail.com

## Medir bem com menos custos

No programa de Física do 11º ano os autores propõem uma atividade prático-laboratorial (AL 1.1) para que os alunos determinem o “valor da aceleração da gravidade” [1]. Esta atividade pode ser feita com equipamento em que se usam células fotoelétricas e um digitímetro (cronómetro digital). Os manuais adotados no nosso ensino, apresentam diversas montagens para realizar esta atividade [2 a 8]. Um processo usa uma esfera que está suspensa num eletroímã. Ao acionar o interruptor a esfera é largada e ao mesmo tempo o digitímetro começa a marcar o tempo. Quando a esfera passa pela célula fotoelétrica o digitímetro pára. Também se podem usar duas células para medir o tempo (fig.1). Há também equipamentos em que a esfera bate num suporte que tem um interruptor e que faz parar o cronómetro digital (fig 2).

Medindo a altura com uma fita métrica e sabendo o tempo, o valor da aceleração determina-se através

da fórmula:  $y = \frac{1}{2}gt^2$

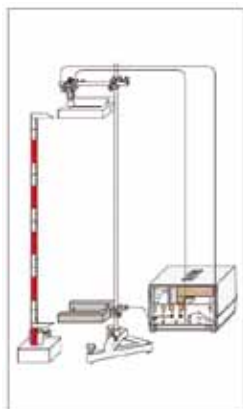


Fig. 1 - Equipamento da Leybold.

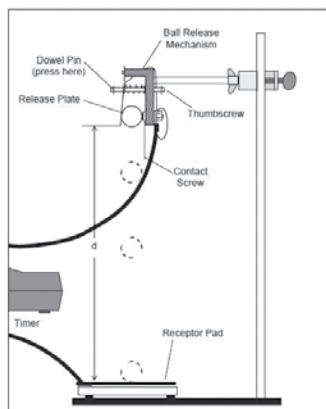


Fig. 2 - Equipamento da Pasco.

O ideal seria haver material nas escolas em quantidade suficiente para a determinação do valor da aceleração gravítica ser realizada nas aulas em que a turma está desdobrada. Mas, muitas vezes isso não acontece, já que o preço destes equipamentos faz com que as atividades não sejam realizadas ou então sejam substituídas por demonstrações em que os professores usam os equipamentos e os alunos observam.

Na literatura há vários artigos em que se explica como se pode determinar o valor da aceleração gravítica usando outros processos mais baratos [9 a 14]. Muitos destes processos utilizam um software de edição de som ligado a um microfone para captar o som provocado pelo choque de corpos e medir intervalos de tempo. No entanto, se tentarmos fazer isto numa sala o “ruído” que existe vai ser captado o que é uma fonte de erros muito difícil de evitar.

Neste trabalho, vamos explicar como é possível determinar o valor da aceleração da gravidade de forma inovadora usando apenas duas bobinas, uma ficha áudio, um ímã de neodímio, ferro e boro, um computador com placa de som e um software de edição de som (*audacity*) que é livre e fácil de utilizar [15]. O método por nós usado evita que o “ruído” exterior interfira na medida do tempo.

Pedimos orçamentos às empresas que vendem os equipamentos que se usam para determinar o valor da aceleração da gravidade e os valores podem variar entre 800 a 2500 euros por grupo! Esta técnica que propomos tem a vantagem de ser muito barata. Apenas é necessário comprar um ímã que custa aproximadamente 7 euros e alguma habilidade para construir os suportes. Este tipo de ímanes pode ser comprado nas empresas que vendem material didático ou através da Internet e também pode ser usado quando se leciona a indução eletromagnética. Também se podem construir vários conjuntos para que os alunos trabalhem em grupo sem estarem limitados ao número de equipamentos

necessários e mesmo os alunos podem construir em suas casas um sistema destes e determinar o valor da aceleração da gravidade.

## Procedimento

Fizemos duas bobinas com fio de cobre que se usa em aparelhos eléctricos. Este fio tem uma camada exterior de esmalte, mas também se pode usar um simples fio com isolamento de plástico. A bobina colocada em cima tinha diâmetro suficiente para que o íman a possa atravessar. Esta bobina usada por nós tinha um diâmetro de aproximadamente 5 cm e 30 espiras. A bobina de baixo tinha um diâmetro maior. Esta opção justifica-se porque o íman, ao ser largado no interior da primeira bobina, vai cair na vertical, e como tem de atravessar a bobina de baixo, devemos aumentar o diâmetro desta para não se correr o risco de o íman bater nela. Como as placas de som dos computadores não podem suportar tensões superiores a 1 V, para a sua proteção é conveniente que a bobina de baixo tenha um diâmetro maior e menos espiras para proteger a placa de som. Deste modo, a tensão produzida é muito pequena. A bobina de baixo que usámos tinha um diâmetro de aproximadamente 8 cm e 20 espiras. O íman de neodímio, ferro e boro que foi usado tinha uma forma cilíndrica de altura 1 cm e o diâmetro da base era de aproximadamente 2 cm.

Depois de construir as bobinas arranjámos suportes de madeira para as fixar, mas antes tivemos o cuidado de usar um fio com uma massa na sua extremidade inferior para servir de prumo. Isto permite que o centro das bobinas fique ao longo da mesma linha vertical, para que o íman passe no interior de ambas, e também se torna prático usar o fio para medir a distância entre elas. Para proteger o íman do impacto com o solo, colocámos por baixo da bobina inferior uma caixa plástica com areia. Ambas as bobinas foram ligadas ao computador pela entrada do microfone (Figura 3). Para isso, usámos uma ficha macho áudio (*jack* de 3,5 mm) que pode ser reaproveitada de umas colunas de computador ou de um microfone que estejam avariados (Figura 4). Este tipo de fichas também podem ser compradas e são muito baratas.

O software *audacity* é um programa de edição de som. É geralmente usado ao ligar um microfone ao computador. A membrana do microfone vibra quando recebe uma onda

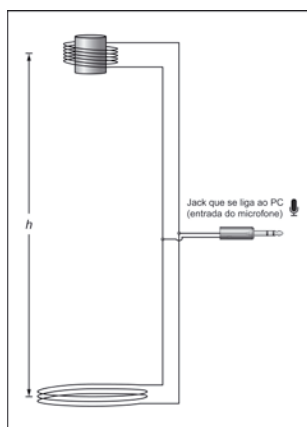


Fig. 3 - Esquema do dispositivo.



Fig. 4 - Ficha áudio (jack de 3,5 mm).

sonora. No seu interior existe uma bobina ligada à membrana que está montada num circuito com um íman que se encontra fixo. A oscilação da membrana faz variar o fluxo do campo magnético e cria uma corrente induzida que depois é convertida num sinal que pode ser gravado pelo *audacity*. Na Figura 5 vê-se a montagem do equipamento.



Fig. 5 - Montagem do equipamento.

Em vez do microfone podemos criar uma corrente induzida, variando o fluxo do campo magnético, através do movimento do íman no interior da bobina. Na realidade, o íman ao passar pela bobina cria uma corrente induzida que vai ser detetada pela placa de som e convertida num sinal que o *audacity* regista. Isto permite que se possam usar as duas bobinas, em que ambas vão criar um sinal que pode ser detetado pela placa de som. O software permite medir o tempo com uma resolução de milissegundos. Apenas é necessário clicar no botão “Gravar” antes de largar o íman, e depois da queda clicar em “Parar”.

## Resultados

Ao largar o íman no interior da primeira bobina, podemos considerar a velocidade inicial nula. Quando começa o seu movimento, é criada uma corrente eléctrica que se traduz no aparecimento de um sinal (curva) no monitor do computador. Esse instante deve ser registado como o início do tempo de queda (Figura 6). Mas quando o íman passa na bobina inferior, o tempo registado deve ser o “meio” do sinal (Figura 7). Usando o *zoom* do programa, podemos medir com facilidade o tempo de queda, que corresponde ao intervalo entre os dois sinais. No nosso caso, a distância entre as bobinas era de 2 metros e os tempos registados foram:

$t_i = 0,864$  s (Figura 6) e  $t_f = 1,500$  s (Figura 7). Para registar o tempo basta clicar em cima do gráfico. Fazendo os cálculos obtivemos:  $\Delta t = 0,636$  s ( $\Delta t^2 = 0,4044$  s), logo  $g = 2y/t^2 = 9,891$  ms<sup>-2</sup>. O valor obtido é mais exato do que os que habitualmente se obtêm usando células fotoelétricas e um digitímetro. Calculando o erro percentual em relação ao valor habitualmente usado (9,8 ms<sup>-2</sup>), verifica-se que este é inferior a 1%.

Este método que propomos, além da vantagem dos custos de equipamento, tem também a vantagem de usar um “sensor” que pode ser explorado pelos professores quando se lecciona a indução electro-magnética e deste modo relacionar a mecânica com o eletromagnetismo. O único cuidado que devemos ter é não aproximar o íman de equipamentos eletrónicos, porque o campo magnético que eles criam é muito intenso.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao colega António José Ferreira pelas suas sugestões críticas e também ao colega Luís Osório pela fotografia da montagem do equipamento.



Fig. 6 - Tempo inicial.

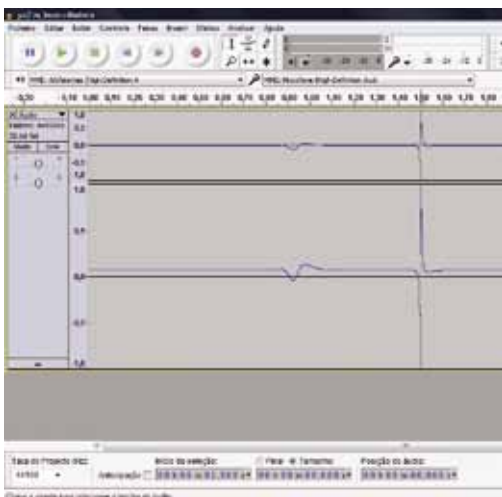


Fig. 7 - Tempo final.



**Albino Rafael Mesquita Pinto** é professor no Agrupamento de Escolas da Lixa, Licenciado em Física e Mestre em Física - Formação Contínua de Professores. Desenvolve simulações utilizando ferramentas computacionais de acesso gratuito. É autor do blog: <http://fisicanalixa.blogspot.com/>. Também gosta de meter as “mãos na massa”.



**Carlos Alberto Alexandre Saraiva** é Licenciado em Física pela Universidade de Coimbra, Mestre em Ensino de Física e Química pela Universidade de Aveiro e professor no Agrupamento de Escolas de Trancoso. Gosta de construir demonstrações com materiais do dia-a-dia para motivar os alunos. É autor de vários artigos publicados na *Gazeta de Física*, *The Physics Teacher* e *Physics Education*.

### Referências

1. Helena Caldeira e Isabel Martins (coordenadoras), “Programa de Física e Química A (11º ano)”, Ministério da Educação, Departamento do ensino secundário (Março de 2003).
2. Adelaide Bello e Helena Caldeira, “Ontem e Hoje, Física 11º ano”, Porto Editora.
3. Graça Ventura, Manuel Fiolhais, Carlos Fiolhais, João Paiva e António Ferreira, “11F, Física 11º ano”, Texto Editores.
4. M. Margarida Rodrigues e Fernando Dias, “Física na Nossa Vida, Física 11º ano”, Porto Editora.
5. António Silva, Cláudia Simões, Fernanda Resende e Manuela Ribeiro “Física 11, Física 11º ano”, Areal Editores.
6. Daniel Silva, “Desafios da Física, Física 11º ano”, Lisboa Editora.
7. Alexandre Costa, Augusto Moisão e Francisco Caeiro, “Novo Ver +, Física 11º ano”, Plátano Editora.
8. Rita Carriche e Teresa Veladas, “Energia em Movimento, Física 11º ano”, Santillana, Constância.
9. S Ganci, “Measurement of g by means of the ‘improper’ use of sound card software: a multipurpose experiment”, *Physics Education* 43, 297-300, (Maio 2008).
10. Alessio Ganci e Salvatore Ganci, “A Measure of g : in Search of Simplicity”, *Physics Education* 45(3), 223-224 (Maio 2010).
11. J. A. White, A. Medina, F. L. Román e S. Velasco, “A Measure of g Listening to Falling Balls”, *The Physics Teacher* 45(3), 175-177 (Março 2007).
12. M. B. Hunt and K. Dingley, “Use of the Sound Card for Datalogging”, *Physics Education* 37, 251-253 (Maio 2002).
13. James L. Hunt, “Five Quantitative Physics Experiments (Almost) Without Special Apparatus”, *The Physics Teacher* 43(7), 412-416 (Out. 2005).
14. Jucimar Peruzzo, “Determinação de g Através da Captação do Som de Impacto de Corpos com o Solo”, *Cad. Bras. Ens. Fís.* 27(1) 159-169 (Abril 2010).
15. *Audacity* (software livre de gravação e edição de som) disponível em: <http://audacity.sourceforge.net/>