



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

## **Olimpíadas de Física 2017**

Seleção para as provas internacionais

Prova Experimental B

27/maio/2016

## Colisões

Duração da prova: 2 h

### 1 Material

- 1 Pilha de 9 V
- 2 Condensadores de  $10 \mu\text{F}$
- 1 Resistência de  $33 \Omega$  e 1 Resistência de  $10 \text{M}\Omega$
- 2 Esferas de aço
- Fios de ligação
- Cronómetro
- Multímetro
- Craveira
- Régua
- Suporte universal

### 2 Objetivo

Medir o tempo de colisão entre duas esferas metálicas e testar a teoria da colisão elástica de Hertz.

### 3 Descrição

Quando dois corpos elásticos colidem, as suas superfícies deformam-se, reversivelmente, na zona de impacto. Para corpos de forma geométrica simples, a deformação pode ser calculada usando as leis da teoria da elasticidade. Desta forma, e conhecendo a forma dos corpos e as propriedades mecânicas dos materiais de que são constituídos, a colisão entre dois corpos elásticos pode ser descrita teoricamente e o tempo de colisão pode ser calculado.

O Físico alemão Heinrich Hertz, que ficou famoso por ter demonstrado experimentalmente a existência das ondas electromagnéticas previstas pela teoria do campo electromagnético de James Clerk Maxwell, foi quem efectuou este cálculo pela primeira vez há já mais de 100 anos. A

teoria de Hertz das colisões não será discutida em detalhe aqui, mas é possível demonstrar que o tempo de colisão entre duas esferas de massas  $m_1$  e  $m_2$  e raios  $r_1$  e  $r_2$ , feitas de um mesmo material elástico, que colidem com velocidade relativa  $u$  é dado por

$$\Delta t_c = C \left( \frac{k^2}{\mu^2 u} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (1)$$

onde  $n$  é um número inteiro,  $C$  uma constante com o valor numérico aproximado  $C = 2.94$ ,  $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$  é uma quantidade denominada *massa reduzida das esferas*, e  $k$  uma constante que depende das constantes elásticas do material,  $E$  (módulo de Young) e  $\sigma$  (módulo de Poisson), e dos raios das esferas. Para a maioria dos metais, o módulo de Poisson tem um valor  $\sigma \sim 0.30$ ,

$$k = \frac{8E}{15(1 - \sigma^2)} \sqrt{\frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}}. \quad (2)$$

Nesta prova iremos testar a teoria de Hertz, estudando a colisão entre duas esferas de aço, o que permitirá determinar o módulo de Young do aço.

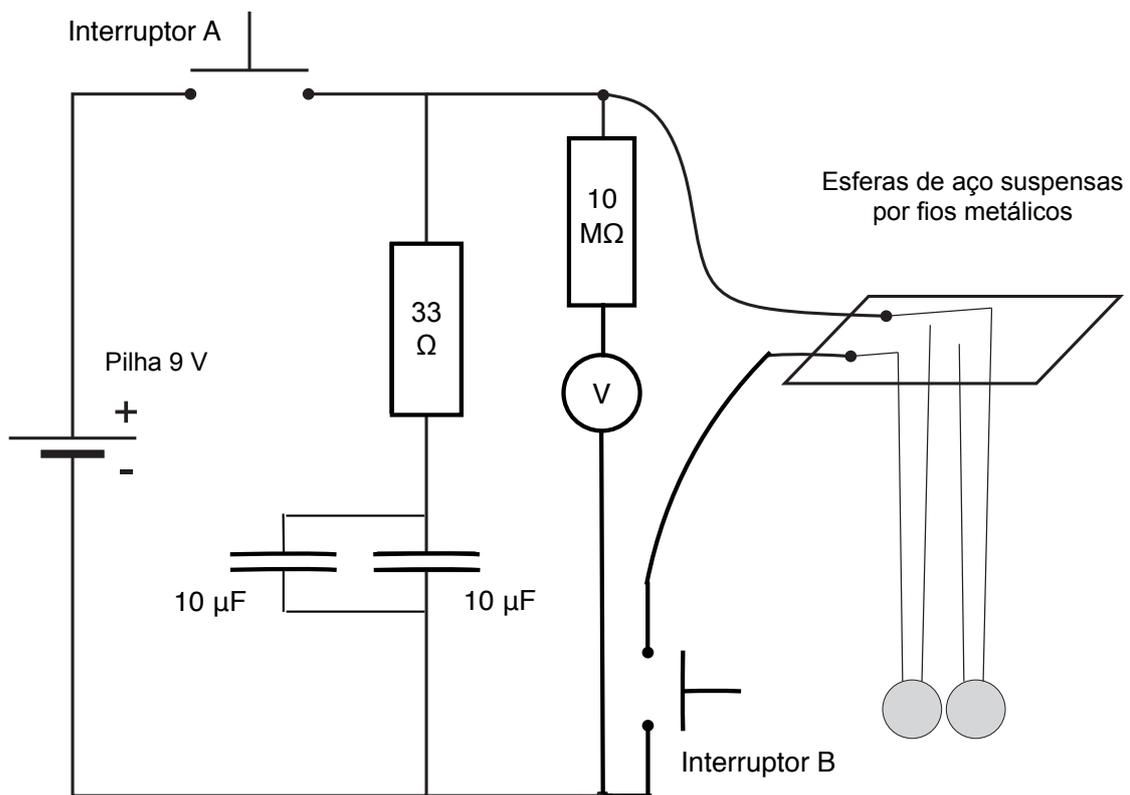


Figura 1: Dispositivo experimental para o estudo da colisão de esferas metálicas.

## 4 Execução

### ⚠ Advertência ⚠

*Nesta experiência é necessário ter reflexos rápidos e trabalhar de forma metódica. Não deixe entalar os dedos entre as esferas!*

1. Monte o circuito da figura 1. A leitura no voltímetro no processo de descarga do condensador pode ser usada como um relógio logarítmico. Quando o interruptor B está aberto ou, estando fechado, quando as esferas não estão em contacto, a descarga do condensador faz-se pelo voltímetro, que tem uma resistência interna de  $10\text{ M}\Omega$ .
2. Com as esferas em contacto (posição da figura) feche o interruptor A, mantenha o interruptor B aberto, e deixe carregar o condensador. Após a tensão estabilizar, desligue o interruptor A e comece a registar a tensão de 15 em 15 segundos. Passados três minutos pegue numa das esferas com uma mão e feche o interruptor B com a outra. Largue a esfera que tem na mão de um ângulo  $\alpha = 5^\circ$  (ângulo que os fios fazem com a vertical e que pode medir no transferidor), deixe-a colidir com a esfera parada e mal ouça o choque largue de imediato o botão do interruptor B, abrindo este interruptor, e continue a registar a tensão no voltímetro por mais três minutos após a colisão.
3. Repita o ensaio para os ângulos  $\alpha = 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ$ .

## 5 Análise dos dados

1. Para cada ensaio, represente num gráfico  $\ln U$  em função do tempo  $t$ . O gráfico deve corresponder a duas retas com declive semelhante e uma descontinuidade no instante da colisão.
2. Mostre que o valor da variação de  $\ln U$  durante a colisão é proporcional ao tempo da colisão.
3. A partir de uma análise dos gráficos  $\ln U(t)$ , determine os tempos de colisão para as várias colisões. indique, em detalhe, os cálculos que efectuar.
4. Represente num gráfico o tempo de colisão em função da velocidade de impacto,  $u$ . Obtenha, a partir da análise dos dados, o valor experimental do expoente  $1/n$ . e o inteiro  $n$  que melhor explica os dados experimentais.
5. A partir dos dados, determine o valor do módulo de Young do aço e uma estimativa para a incerteza do valor calculado.