



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

Olimpíadas de Física 2025

Seleção para as provas internacionais

Prova Experimental A

31/maio/2025

Olimpíadas de Física 2024
Seleção para as provas internacionais
Prova Experimental A

“Buzzer” piezoelétrico

Duração da prova: 2 h

1 Material

- 1 “buzzer” piezoelétrico
- 1 condensador de poliéster de capacidade $10\mu\text{F}$
- 1 pilha de 1,5 V no seu suporte
- 4 botão interruptores
- 6 fios de ligação com garras “crocodilo”
- 1 multímetro digital
- 1 gerador de sinal
- 1 craveira

2 Introdução

O objetivo desta prova é o estudo de um “buzzer” piezoelétrico que é um dispositivo muito simples e barato usado para emitir um som estridente – por exemplo, em alarmes, toques de telefones ou nos microondas que “apitam” quando termina o ciclo de aquecimento programado.

O elemento principal destes “buzzers” (1) é um condensador plano constituído por uma camada fina de um material piezoelétrico colocado entre duas placas metálicas. Os materiais piezoelétricos têm a interessante propriedade de mudarem ligeiramente o seu tamanho, esticando ou encolhendo um pouco, quando se lhes aplica uma tensão elétrica. Assim, se um material piezoelétrico for sujeito a uma tensão alternada, ele entra em vibração, transmitindo esta vibração ao ar gerando, para uma frequência audível, som. Os piezoelétricos podem, igualmente, ser usados para gerar ultrasons, ou seja sons de frequência superior à que um ouvido humano consegue detetar.

Num “buzzer”, o condensador piezoelétrico é colocado no interior de uma cavidade de um suporte plástico que atua como um ressoador de Helmholtz, ampliando o som à semelhança do corpo em madeira de uma guitarra acústica. A fig. 2, mostra, em corte, o esquema do ressoador de Helmholtz do “buzzer” que irá utilizar nesta prova. É possível mostrar que um ressoador com esta forma tem uma frequência ressonante dada por

$$f = \frac{v_s}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi a^2}{d^2 h(\ell + 1.3a)'}}$$



Figura 1: (esquerda): Condensador piezoelétrico desmontado, mostrando as duas placas metálicas de latão (a amarelo) e o elemento piezoelétrico (a cinzento). (direita: “buzzer” piezoelétrico.

pelo que o ressonador ampliará, sobretudo, esta frequência e os seus harmónicos.

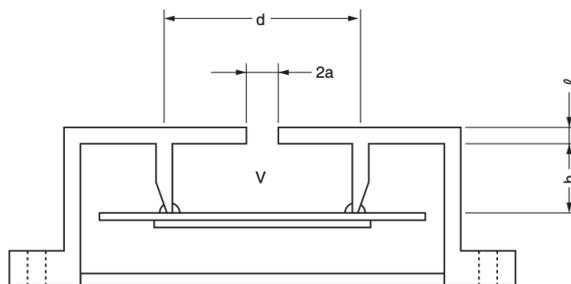


Figura 2: Cavidade ressonante do “buzzer”.

3 Execução

3.1 Determinação da capacidade do condensador piezoelétrico do “buzzer”

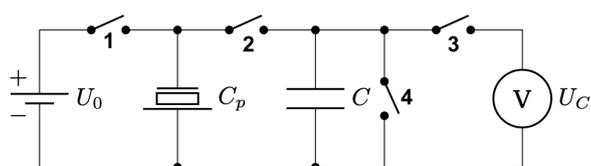


Figura 3: Circuito para a medição da capacidade do elemento piezoelétrico.

1. Monte o circuito indicado na fig. 3 onde C_p é o buzzer e C o condensador de $10 \mu\text{F}$ fornecido.
2. Pressione, alternadamente, os botões interruptores 1 e 2, de modo a carregar o condensador piezoelétrico (C_p) e a “descarregá-lo”, de seguida, para o condensador C . Repita este procedimento $N = 5$ vezes. Após este ciclo, pressione o botão interruptor 3, para ler a tensão, U_C , no voltímetro (este deve estar, inicialmente, na escala de 200 mV). Esta tensão vai diminuir à medida que o condensador C descarrega através da resistência interna do multímetro, pelo que a leitura deverá ser efetuada rapidamente.

3. Descarregue os condensadores pressionando simultaneamente os botões 2 e 4.
4. Repita as medidas, para $N = 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90$ e 100 . Registe os valores de U_C na tabela anexa.

⚠ Atenção: os botões 1 e 2 devem ser pressionados alternadamente, e nunca simultaneamente. Se forem pressionados simultaneamente durante uma medida, essa medida será inválida e deverá ser descartada. Se isto acontecer, antes de recomençar a sua medida, deverá descarregar os condensadores pressionando, desta vez em simultâneo, os botões 2 e 4.

5. Represente num gráfico U_N em função de N .
6. Mostre, teoricamente, que a tensão U_N aos terminais do condensador C após um ciclo de N cargas de C_p seguidas de descargas para C é dada pela expressão

$$U_N = U_0 \left(1 - \left(\frac{C}{C + C_p} \right)^N \right),$$

onde U_0 é a força eletromotriz da pilha.

7. Mostre que sendo $C_p \ll C$, e para $U_N \ll U_0$, é válido

$$U_N \sim N \frac{C_p}{C} U_0.$$

8. Usando os seus dados experimentais, determine o valor de C_p e uma estimativa da incerteza no valor obtido.

3.2 Determinação da frequência de ressonância do “buzzer”

1. Desmonte o circuito da fig. 3.
2. Ligue diretamente os terminais do “buzzer” ao gerador de sinal. Ligue o gerador e seleccione uma onda sinusoidal com a frequência de 1 kHz e uma amplitude de aproximadamente 2 V. O buzzer deverá emitir um som.
3. Rodando o botão da frequência do gerador, faça um cuidadoso varrimento em frequência entre 1 kHz e 10 kHz de modo a determinar a frequência para a qual a intensidade do som emitido pelo “buzzer” é máxima. Registe esse valor.
4. Meça os parâmetros $2a$ e d da cavidade ressonante do “buzzer”. Os parâmetros l e h são, respetivamente, $l = 0,25(1)$ mm e $1,00(1)$ mm.
5. Compare a frequência de ressonância medida com a que é dada pela expressão de Helmholtz, usando para a velocidade do som $v_s = 320$ m/s. Comente.