



## Sociedade Portuguesa de Física

### Olimpíadas de Física

### Etapa Nacional

06 DE JUNHO DE 2015

DURAÇÃO DA PROVA: 1 h 25 min

### PROVA EXPERIMENTAL Escalão B

**Objetivo:** Estudo da dependência da resistência elétrica de um termistor na temperatura. Determinação experimental da largura da banda proibida.

Experimentalmente, verifica-se que em metais, como o Cu, Au, Ag, a resistividade elétrica a altas temperaturas (normalmente acima de 100 K) aumenta linearmente com a temperatura, devido ao efeito das vibrações dos átomos da rede cristalina. Para uma gama de temperaturas próxima de uma temperatura de referência  $T_o$  (p. ex. a temperatura ambiente), pode-se escrever:

$$\rho(T) = \rho_o[1 + \alpha(T - T_o)]$$

em que  $\rho(T)$  é a resistividade à temperatura  $T$ ,  $\rho_o$  é a resistividade à temperatura  $T_o$  e  $\alpha$  é o coeficiente de variação relativa com a temperatura.

Num semicondutor, porém, a dependência da resistividade na temperatura é diferente, uma vez que o fator predominante para a condutividade elétrica é o número de portadores,  $N$ , que varia com a temperatura. A teoria das bandas dos sólidos mostra que quando os átomos ou moléculas se agregam para formar um sólido, os eletrões do material ocupam estados de energia que se distribuem em bandas (intervalos), havendo outras bandas de energia que não podem ser ocupadas. Às primeiras chamamos bandas permitidas e às segundas, bandas proibidas. Num semicondutor, à temperatura  $T = 0$  K, a banda de mais alta energia com estados ocupados designa-se por banda de valência e a banda permitida acima é a banda de condução. Estas são separadas por uma banda proibida, de largura  $\Delta$  (em unidades de energia), característica de cada substância. Por exemplo, para o silício,  $\Delta \approx 1,2$  eV e para o germânio  $\Delta \approx 0,7$  eV.

**Nota:** 1 eV =  $1,6 \times 10^{-19}$  J.

A uma dada temperatura  $T$ , alguns eletrões que ocupam estados da banda de valência são excitados para a banda de condução. Os eletrões que ocupam a banda de condução podem ser acelerados por um campo elétrico e movimentar-se no sólido, contribuindo para a corrente elétrica. Simultaneamente, os



estados da banda de valência que ficam desocupados, designados por vazios ou lacunas, comportam-se como cargas móveis positivas e também contribuem para a condução de corrente. Assim, a resistência de um semiconductor puro variará então com a temperatura absoluta de acordo com a equação:

$$R(T) = R_0 10^{\frac{0,2171 \Delta}{kT}}$$

sendo  $R(T)$  a resistência elétrica do semiconductor à temperatura  $T$  (expressa em kelvin) e  $k$  a constante de Boltzmann ( $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ ).

Material:

- um ohmímetro que meça entre  $1 \text{ k}\Omega$  a  $100 \text{ k}\Omega$
- um termistor
- fios de ligação
- copo
- água quente
- água à temperatura ambiente
- gelo
- termómetro

1. Monta a experiência de acordo com a Figura 1 e verifica que os aparelhos se encontram em condições corretas de funcionamento, nomeadamente a respetiva sensibilidade.

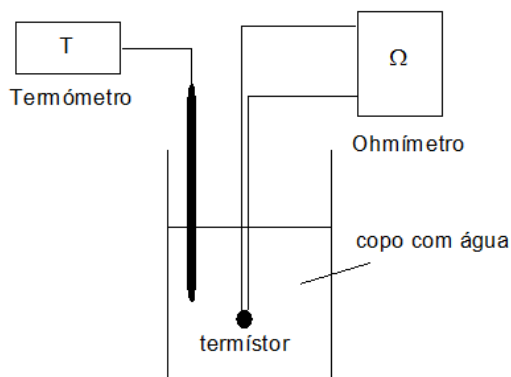


Figura 1. Esquema da montagem experimental.



2. Adiciona água quente, suficiente para mergulhar o termistor. Não enchas demais o copo pois terá necessidade de ir acrescentando água ao longo da experiência. Verifica o posicionamento da ponta do termómetro de modo a medir corretamente a temperatura da água. Regista simultaneamente os valores da resistência do termistor e da temperatura da água. Nos primeiros minutos da experiência, a temperatura da água vai baixar rapidamente, por isso regista os valores pedidos em intervalos de tempo curtos de modo a teres pontos suficientes para a análise posterior. Agita lentamente a água para homogeneizares a sua temperatura.

3. Quando a temperatura da água variar mais lentamente, acrescenta um pouco de água à temperatura ambiente. Poderás ter de repetir este procedimento várias vezes e, eventualmente, despejar parte da água. Continua a registar os valores da resistência do termistor e da temperatura da água. Quando a temperatura da água for próxima da temperatura ambiente, acrescenta um pequeno pedaço de gelo e continua com as medições até à temperatura mais baixa que conseguires atingir.

4. Representa o gráfico da resistência do termistor em função da temperatura. Compara o comportamento observado com o esperado para um metal. O que podes concluir?

5. Neste passo vais linearizar a relação:

$$R(T) = R_0 10^{\frac{0,2171 \Delta}{k T}}$$

Com a máquina de calcular, determina o logaritmo decimal (LOG) da resistência. Preenche uma tabela como se apresenta:

LOG R	1/T (K <sup>-1</sup> )
....	....
....	....

6. Representa o logaritmo decimal da resistência em função de 1/T. Deves obter uma reta. Determina o declive da reta que melhor se ajusta aos resultados experimentais e determina o valor da largura da banda proibida do termistor.