



## **OLIMPIADAS NACIONAIS DE FÍSICA 2010**

5 DE JUNHO DE 2010

DURAÇÃO DA PROVA: 1 h 25 min

### **PROVA EXPERIMENTAL**

### **ESCALÃO B**

#### **Lâmpada de Incandescência**

Nas provas regionais resolveste com êxito um problema sobre a radiação emitida por uma lâmpada de incandescência, no qual foram feitas algumas aproximações, como a consideração que a resistência do filamento de tungsténio se manteria constante quando se varia a diferença de potencial aplicada à lâmpada. Nesta prova experimental vamos um pouco mais longe no mesmo problema, fazendo uso agora do conhecimento de como varia a resistividade do tungsténio com a temperatura (ver a tabela).

O objectivo primordial deste trabalho é a verificação da relação, que conheces, entre a potência emitida por radiação pelo filamento e a sua temperatura, através da medição da resistência eléctrica do filamento em função da potência fornecida por efeito de Joule. Consideramos que, a temperaturas altas, a potência fornecida pelo circuito eléctrico se transforma praticamente toda em radiação térmica.

Mantemos aqui as outras aproximações feitas no problema, de considerar que a área da superfície lateral, o comprimento e a emissividade do filamento se mantêm constantes.

Um segundo objectivo desta prova é a utilização de um circuito eléctrico muito útil para a medida de resistências eléctricas – a ponte de Wheatstone, que tem muitas aplicações práticas em vários tipos de instrumentação baseados precisamente na alteração da resistência eléctrica de materiais condutores com a variação de algum parâmetro físico de interesse, como a temperatura, a força (efeito piezoresistivo), etc.

Charles Wheatstone foi um cientista e inventor inglês do século XIX, que melhorou e popularizou em 1843 um circuito inventado por Samuel Christie uns anos antes. Este circuito revolucionou a precisão das medidas de resistências eléctricas, num tempo em que estava muito longe de haver multímetros (electrónica moderna). Wheatstone notabilizou-se por, entre outras actividades científicas, ter inventado o sistema de medida de velocidades elevadas com espelhos rotativos, com o qual tentou medir a velocidade da corrente eléctrica num fio condutor, tendo obtido um valor errado devido às incertezas de medida que tinha na altura. Este sistema foi posteriormente utilizado nas primeiras experiências de medida da velocidade da luz.

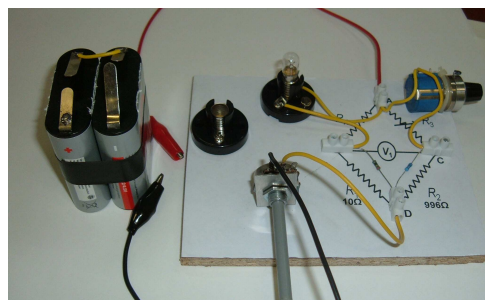
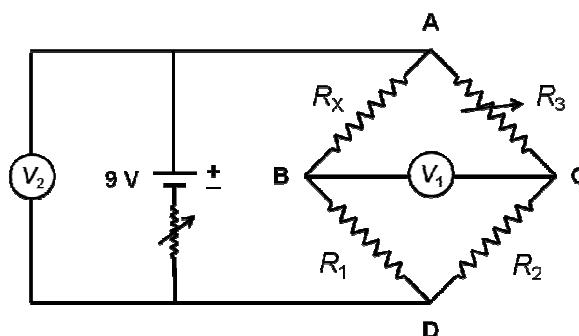
## Equipamento:

- Ponte de Wheatstone montada – esquema e fotografia juntos
- Fonte de tensão, constituída por duas pilhas de 4,5 V e um potenciômetro regulador da diferença de potencial  $V_{AD}$  aplicada ao circuito.
- 2 multímetros
- Fios de ligação
- Papel milimétrico

## Descrição da ponte de Wheatstone:

A ponte de Wheatstone é uma ponte de resistências, constituída por quatro resistências dispostas num “quadrado” como sugere o esquema junto. Os valores de  $R_1$  e  $R_2$  são fixos e estão anotados no circuito montado.  $R_3$  é uma resistência variável (potenciômetro), com uma escala calibrada previamente (calibração anotada na montagem). A

resistência  $R_X$  é a resistência que se pretende medir (no nosso caso é a resistência do filamento de tungsténio). É aplicada uma diferença de potencial entre os pontos A e D do circuito, que nos interessa medir com um voltímetro  $V_2$ . O voltímetro  $V_1$  é utilizado para *equilibrar* a ponte, operação que consiste em variar a resistência  $R_3$  até anular a diferença de potencial entre B e C, medida por  $V_1$ . Nesta situação, é fácil obter a relação entre os valores das quatro resistências da ponte:



$$R_X = \frac{R_1}{R_2} R_3 \quad (\text{Eq. 1})$$

A diferença de potencial aplicada entre os pontos A e D é controlada pelo potenciômetro associado em série com as pilhas. O voltímetro  $V_2$  mede esta diferença de potencial  $V_{AD}$ . A partir deste valor e do conhecimento dos valores das resistências da ponte, poderás calcular a potência dissipada na lâmpada  $R_X$  quando a ponte está equilibrada, ou seja, não há diferença de potencial nem corrente a passar no ramo entre B e C.



## 1. Medidas a efectuar

**1.1.** Toma nota da temperatura ambiente, a anunciar pelo monitor da prova.

**1.2.** Mede com um dos multímetros a resistência da lâmpada à temperatura ambiente, enroscando-a temporariamente no suporte não incluído no circuito da ponte de Wheatstone.

**1.3.** Com a lâmpada novamente montada na ponte, mede a sua resistência para vários valores de  $V_{AD}$  aplicada (uns 15 pares de valores), com o cuidado de não ultrapassar 7,5 V. É importante que deixes estabilizar a temperatura do filamento, esperando uns segundos, antes de anotar os valores definitivos de cada medida.

## 2. Análise de dados

**2.1.** A partir dos dados originais, determina para cada par de valores a potência dissipada por efeito de Joule no filamento de tungsténio e a temperatura do filamento.

**2.2.** Representa num gráfico em papel milimétrico os pares de valores de potência e temperatura.

**2.3.** Representa noutro gráfico os mesmos resultados, mas dum modo em que possas observar a relação conhecida para a radiação do corpo negro entre a potência e a temperatura como uma recta (linearização dos dados).

Temp. (K)	Resistiv. ( $\times 10^{-8}$ $\Omega \cdot m$ )
300	5,65
400	8,06
500	10,56
600	13,23
700	16,09
800	19,00
900	21,94
1000	24,93
1100	27,94
1200	30,98
1300	34,08
1400	37,19
1500	40,36
1600	43,55
1700	46,78
1800	50,05
1900	53,35
2000	56,67
2100	60,06
2200	63,48
2300	66,91
2400	70,39
2500	73,91

Resistividade do tungsténio  
em função da temperatura

## 3. Conclusões

Será que encontras de facto uma relação linear em toda a gama de temperaturas do filamento, na representação do gráfico desenhado em 2.3? Comenta os resultados.

## 4. Desafios

**4.1.** Será que consegues demonstrar a relação entre as resistências da ponte na situação de equilíbrio (Eq. 1)?

**4.2.** Considerando um valor médio de 0,4 para a emissividade do tungsténio e a constante de Stefan-Boltzmann ( $\sigma = 5,6704 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ ), o que podes ainda determinar relativamente ao filamento de tungsténio a partir dos teus resultados?