



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

Olimpíadas de Física 2014

Seleção para as provas internacionais

Prova Experimental B

24/Maio/2014

Espetrómetro de DVD

Duração da prova: 2 h

1 Material

- Caixa do espectrómetro
- DVD (cortado ao meio)
- Lâmpada de 12 V
- Suporte para lâmpada
- Fios de ligação
- Fonte de alimentação
- Multímetro
- Régua
- Mola
- Clip
- LDR no respectivo suporte
- Papel milimétrico

2 Objetivos

Nesta experiência iremos usar um espectrómetro rudimentar que tem como elemento analisador da luz um DVD actuando como rede de difração. A fonte de luz usada no espectrómetro é uma vulgar lâmpada de 12 V, 20 W. O detetor é uma resistência sensível à luz (LDR = *Light Dependent Resistor*) de CdS, um composto semiconductor fotossensível.

São objetivos deste trabalho:

- Mostrar que a lâmpada se comporta, aproximadamente, como um corpo negro emissor de radiação e determinar a temperatura do seu filamento.

- Analisar o espectro da luz emitida pela lâmpada, medindo a condutância¹ do detector LDR em função do comprimento de onda da luz.
- Determinar a curva de sensibilidade do LDR (ou seja, a sua condutância em função do comprimento de onda), assumindo que o espectro da luz emitida pela lâmpada é idêntico ao de um corpo negro.

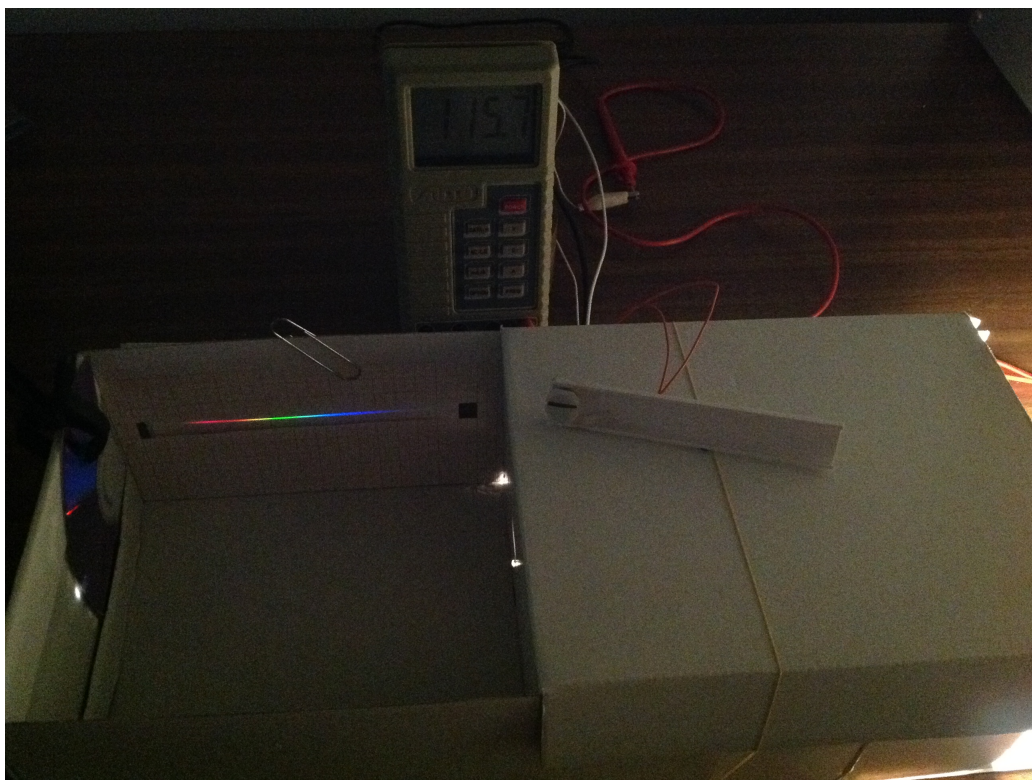


Figura 1: Montagem experimental.

3 Descrição

Um espectralímetro rudimentar pode ser facilmente construído com material caseiro. Um CD ou DVD podem servir como rede de difração para a análise da luz. Um CD possui 625 linhas por mm, onde é gravada informação em formato digital. Num DVD as linhas são mais compactas, **1351 linhas por mm**, tendo portanto maior capacidade de armazenamento. Ambos funcionam bem como redes de difração, mas o poder resolvente do DVD é superior, dado que as linhas são mais compactas. Nesta experiência será usado um DVD cortado a meio, pelo diâmetro. A montagem está indicada na figura 1. A luz que incide normalmente no DVD por um pequeno orifício irá produzir um espectro de 1ª ordem que pode ser visualizado nas paredes laterais da caixa. Numa das paredes o espectro é focado, na outra é desfocado, dependendo da orientação do DVD. A lei que rege o fenómeno da difração é

¹A condutância G de um condutor é o inverso da sua resistência $G = 1/R$. A resistência no SI mede-se em Ohm, a condutância mede-se em Siemen (S) ou Ohm^{-1} ($1\text{ S} = 1\text{ }\Omega^{-1}$).

$$n\lambda = d(\sin\theta_d - \sin\theta_i), \quad (1)$$

onde θ_i é o ângulo de incidência medido em relação à normal à superfície do DVD, θ_d é o ângulo que o feixe de luz difratado faz com a mesma direcção normal e n a ordem da difracção.

4 Execução

⚠ Advertência ⚠

Nesta experiência vai usar uma lâmpada que atinge altas temperaturas. Tome todos os cuidados na manipulação da lâmpada para não se queimar! Para evitar que a lâmpada se funda, nunca ultrapasse os 12,5 V!

1. Registe o valor da resistência da lâmpada à temperatura ambiente (indicada no respectivo suporte).
2. Ligue a lâmpada à fonte de alimentação, verificando previamente que os botões de controle de tensão e corrente estão a zero. Ligue a fonte de alimentação e meça vários pares de valores da intensidade I da corrente em função da tensão V aplicada, até um valor máximo de 12 V.
3. Se a lâmpada funcionar como um corpo negro, a potência eléctrica, que é idêntica à potência irradiada, deve variar aproximadamente com T^4 . A resistência do filamento varia, aproximadamente de forma linear com T . Assim,

$$P = VI = CT^4 = C' \left(\frac{V}{I} \right)^4,$$

pelo que, se a lâmpada se comportar como um corpo negro,

$$V^3 \propto I^5.$$

Verifique se os seus dados comprovam esta lei.

4. A fig. 2 mostra a dependência da resistividade do tungsténio (metal do filamento da lâmpada) com a temperatura. Tendo em conta o valor da resistência do filamento da lâmpada à temperatura ambiente, determine a temperatura do filamento para uma tensão de 12 V.
5. Coloque a lâmpada no interior da caixa, do lado de fora do anteparo, e em frente ao pequeno orifício por onde passará o feixe de luz incidente no DVD. Alinhe a lâmpada de modo a que o feixe de luz incida exatamente a meio da parede da caixa em frente ao orifício, e normalmente à parede. A lâmpada deve ser colocada praticamente encostada ao buraco.
6. Coloque o DVD na ranhura de suporte, conforme se mostra na Figura 1. O foco de luz deve incidir na borda do DVD, conforme ilustra a figura. Para verificar o bom alinhamento do DVD, tape a ranhura para o detetor com uma folha branca para poder servir de projector e tenha em conta que se devem observar as seguintes imagens: na folha branca a tapar a ranhura observa-se uma imagem focada do espectro luminoso; na parede da caixa por onde sai o feixe de luz observa-se uma imagem reflectida do DVD; na parede oposta à ranhura observa-se uma imagem desfocada do espectro luminoso.
7. Alinhe cuidadosamente a imagem formada na folha branca com a ranhura onde serão feitas as medidas com o detetor.
8. Usando o LDR como detetor de luz, meça a resistência do LDR para várias cores do espectro, registando numa tabela a resistência do LDR em função da sua posição no espectro medida no papel milimétrico.

9. Converta a posição do detetor em cada medida no ângulo de difração θ e no comprimento de onda λ .
10. Faça uma nova tabela da condutância G do LDR em função do comprimento de onda λ e faça um gráfico da condutância em função de λ .
11. A condutância do detetor depende da sensibilidade do LDR, que é função do comprimento de onda e da intensidade da luz que nele incide. Essa intensidade varia com a distância ao DVD devido à lei do “inverso da quadrado da distância” e também devido ao espectro de emissão do corpo negro. Corrija destes dois factores a condutância medida, por forma a obter a curva de sensibilidade do LDR com o comprimento de onda. São fornecidos, em anexo, gráficos da irradiância do corpo negro em função de λ , na zona do visível, para várias temperaturas.
12. A partir do gráfico corrigido da condutância, determine o comprimento de onda para o qual a sensibilidade do detetor LDR é máxima.

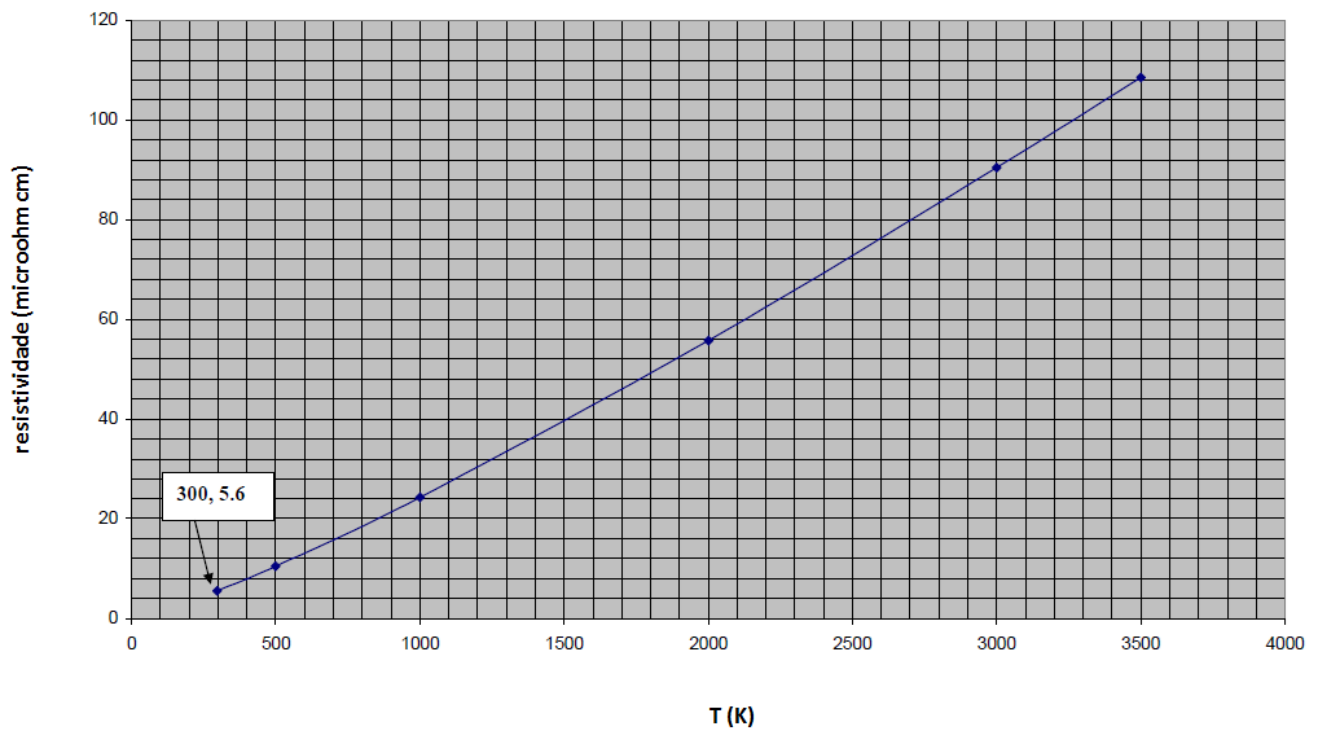


Figura 2: Resistividade do tungstênio em função da temperatura absoluta.

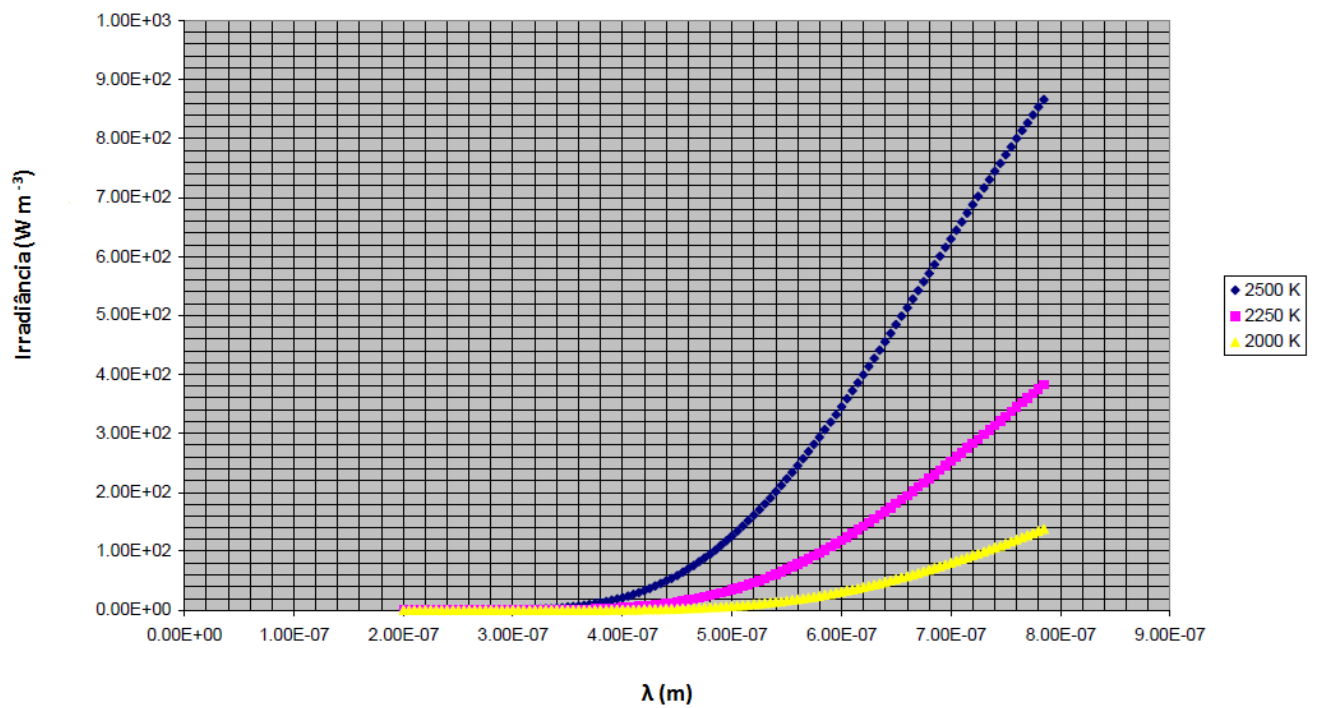


Figura 3: Irradiância espectral (energia emitida por unidade de tempo, de área e de comprimento de onda) do corpo negro em função do comprimento de onda (lei de Planck).

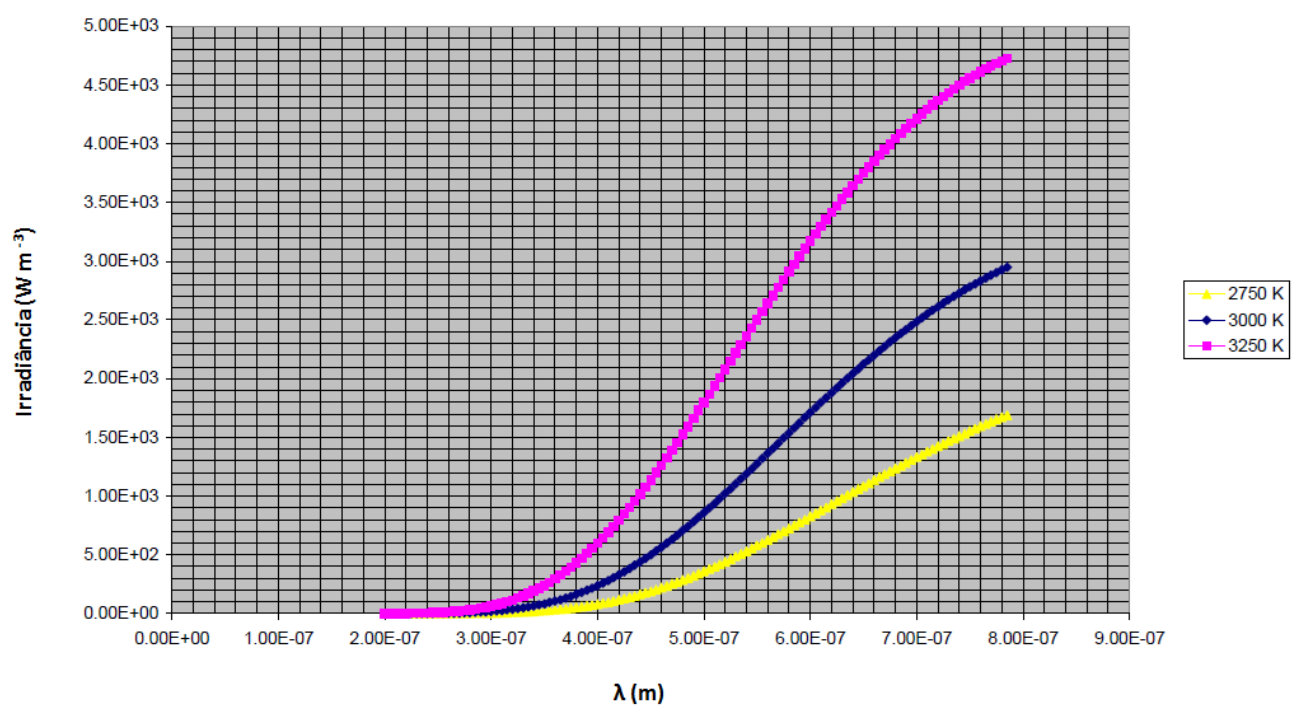


Figura 4: Irradiância espectral (energia emitida por unidade de tempo, de área e de comprimento de onda) do corpo negro em função do comprimento de onda (lei de Planck).