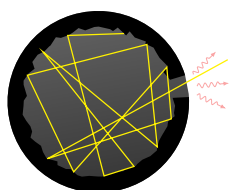


Radiação Térmica: lei de Wien

INTRODUÇÃO

Todos os objetos materiais emitem radiação eletromagnética quando estão a uma temperatura acima do zero absoluto, um processo chamado de *radiação térmica*, que converte energia térmica em energia eletromagnética. Da mesma forma, toda matéria absorve radiação em alguma medida. Um objeto que absorve toda a radiação incidente em todos os comprimentos de onda é chamado de *corpo negro*. Quando um material, como um pedaço de metal, é aquecido, ele brilha em cores que dependem exclusivamente da temperatura: de vermelho escuro para vermelho brilhante, passando pela cor laranja e finalmente para um branco intenso. Em temperaturas mais baixas, a emissão ocorre predominantemente no infravermelho.

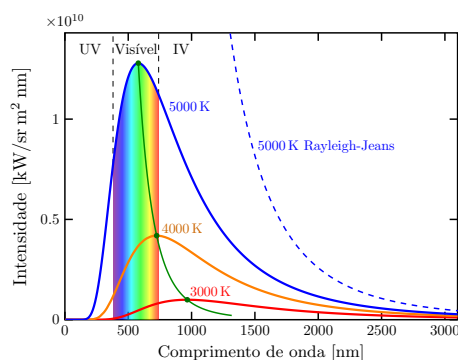


Corpos negros perfeitos não existem na natureza, mas podem ser aproximados experimentalmente por cavidades com paredes altamente absorventes e uma pequena abertura (ilustração acima). Por exemplo, um forno de grafite com uma abertura estreita funciona como um bom modelo de corpo negro. A cor da luz que emerge depende apenas da temperatura: a 1000 K, o brilho é avermelhado, enquanto a 6000 K, torna-se branco. Esse comportamento universal, independente do material e reflete a natureza idealizada da radiação de corpo negro, cuja distribuição espectral depende exclusivamente da temperatura da cavidade.

À medida que a temperatura aumenta, o pico de intensidade da radiação de corpo negro desloca-se para comprimentos de onda menores. Isso explica porque objetos aquecidos mudam de aparência, passando de invisíveis (emissão predominante no infravermelho, em baixas temperaturas) para brilharem de forma avermelhada (pico no espectro visível na região do vermelho). Esse deslocamento segue a *lei do deslocamento de Wien*, expressa por:

$$\lambda_{\text{máx}} \cdot T = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m.K} \quad (1)$$

sendo $\lambda_{\text{máx}}$ o comprimento de onda no qual ocorre o pico de emissão, e T é a temperatura absoluta do objeto emissor. A dependência do comprimento de onda do pico de emissão com a temperatura pode ser observada no gráfico abaixo.



PRÉ-LAB

1. É conhecido que o filamento de uma lâmpada incandescente irradia luz visível quando aquecido. O filamento dessa lâmpada também irradia energia quando se encontra à temperatura ambiente?
2. Um forno elétrico doméstico, ao atingir altas temperaturas, emite um brilho avermelhado visível. Por que, em temperaturas mais baixas, essa radiação não é visível a olho nu?
3. Por que a teoria clássica falha em explicar a radiação de corpo negro em comprimentos de onda curtos (catástrofe do ultravioleta), e como o modelo de Planck resolve esse problema?

PROCEDIMENTOS

1. Monte o experimento de radiação de corpo negro: um espectroscópio de prisma é usado para medir a distribuição espectral da intensidade luminosa de uma lâmpada de filamento [verifique com o(a) instrutor(a) o alinhamento do sistema]. Gire o braço de varredura no sentido anti-horário até que ele atinja o ponto de parada; essa será a posição inicial para todas as varreduras. Ajuste o ganho do sensor de luz pressionando o botão de tarar (*TARE*). Prepare o sistema para uma varredura e deixe a tensão da fonte em 4,5 V. Registre a tensão e a corrente que passa pelo filamento. Registre a distribuição espectral com o auxílio do programa (Intensidade versus ângulo).
2. Repita o procedimento anterior para mais três diferentes tensões de alimentação da lâmpada (Ex. 6 V, 7,5 V e 9 V). *Atenção:* A tensão máxima suportada pela lâmpada é de 10 V.

PÓS-LAB

1. A temperatura do filamento pode ser estimada indiretamente determinando a resistência elétrica do corpo negro a partir da tensão e corrente medidas. A resistência varia com a temperatura de acordo com a relação $R = R_0[1 + \alpha_0(T - T_0)]$, sendo α_0 o coeficiente de temperatura na temperatura ambiente T_0 . Neste experimento, o corpo negro é o filamento de tungstênio de uma lâmpada, que possui um coeficiente térmico $\alpha_0 = 4,5 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ a $T_0 = 20^\circ\text{C}$, e uma resistência $R_0 = 1,1 \Omega$. Resolvendo a equação para a temperatura, obtém-se:

$$T = T_0 + \frac{R/R_0 - 1}{\alpha_0} \quad (2)$$

A tensão (V) e a corrente (I) foram medidas e permitem calcular $R = V/I$. Assim, use a Eq. (2) para determinar a temperatura do filamento em cada medida.

2. A variação angular da posição do sensor em torno do prisma não é igual ao ângulo medido pelo sensor de rotação. O ângulo θ que determina a posição do sensor de intensidade luminosa é dado por $\theta = \alpha/60$, sendo

α o ângulo obtido pelo sensor de rotação. Faça esta conversão antes de realizar os próximos cálculos.

A medida da distribuição de intensidade espectral foi realizada em função do ângulo. No entanto, cada componente é dispersa em um ângulo diferente, uma vez que o índice de refração do prisma depende do comprimento de onda da luz. No experimento montado, obtém-se que:

$$n(\theta) = \sqrt{\left(\frac{2}{\sqrt{3}} \sin \theta + \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{3}{4}} \quad (3)$$

E a relação entre comprimento de onda e índice de refração é dada por

$$n(\lambda) = \frac{A}{\lambda^2} + B \quad (4)$$

sendo $A = 13900 \text{ nm}$ e $B = 1689$. Use as equações (3) e (4) para determinar λ em função de θ . Utilize um programa de análise de dados para ajudá-lo nesta tarefa.

Agora verifique o gráfico da intensidade luminosa em função do comprimento de onda λ .

Em 1900, Planck derivou uma equação para a radiação de corpo negro que está totalmente de acordo com os dados experimentais. A intensidade da radiação emitida por um corpo é dada pela lei da radiação de Planck:

$$I(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \quad (5)$$

sendo $h = 6,062 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ a constante de Planck, k_B a constante de Boltzmann, T é a temperatura absoluta do corpo e λ é o comprimento de onda da radiação. Com o auxílio de um programa de análise de dados, use a Eq. (5) para ajustar as medidas da distribuição de intensidade espectral, deixando a T como parâmetro de ajuste, ou seja, determine a temperatura do filamento ajustando a Eq. (5) aos espectros.

3. A partir dos espectros obtidos anteriormente, verifique a validade da lei de Wien, Eq. (1).