

Protocolo de execução do trabalho sobre a radiação do Corpo Negro

Objectivos do trabalho

- I- Obtenção do espectro de emissão de um modelo do corpo negro para várias temperaturas, abrangendo a gama de comprimentos de onda acessível ao equipamento. Verificação experimental da lei de radiação de Planck e da lei do deslocamento de Wien.
- II- Estudo experimental da variação da intensidade da radiação emitida pelo corpo negro em função da sua temperatura absoluta (lei de radiação de Stefan).
- III- Comparação entre as emissividades de diferentes superfícies para a mesma temperatura.

Descrição do equipamento a utilizar:

Iremos utilizar como modelo de corpo negro em I e II uma lâmpada de filamento de tungsténio. O conhecimento da resistividade do tungsténio em função da sua temperatura vai permitir que conheçamos a temperatura a que se encontra o filamento da lâmpada.

Em III um cubo metálico aquecido internamente com quatro faces de superfícies distintas (cubo de Leslie) e munido de um sensor de temperatura será a fonte de radiação a utilizar.

O detector de radiação disponível é uma termopilha com uma resposta uniforme na gama compreendida entre os 500 nm e os 25000 nm, a tensão que produz é proporcional à intensidade da radiação que nele incide.

Em I irá ser utilizado um goniómetro em associação com um prisma de dispersão para a decomposição espectral da radiação da lâmpada.

Execução de I

1- Alinhamento dos braços do goniómetro

O goniómetro é composto por dois braços, um que recebe a radiação da fonte e a faz incidir sobre o prisma e outro que recebe do prisma a radiação refractada e a faz incidir no detector. Nesta montagem o braço que recebe a radiação da fonte está equipado junto ao prisma com uma lente convergente de distância focal 18.2 cm e junto quer da fonte quer do detector ambos os braços possuem fendas ajustáveis. A distância entre a lente e a fenda é variável e foi previamente ajustada de modo a ser paralelo o feixe de luz incidente no prisma. A abertura das fendas foi previamente ajustada, deve ser o mais pequena possível mas permitindo ainda leituras razoáveis no detector. O alinhamento directo entre os braços do goniómetro corresponde a um valor angular γ lido no

goniómetro que tem de ser determinado no final da experiência depois de removido o prisma de dispersão (operação a ser efectuada pelo docente). A resolução das escalas do goniómetro é 30".

2- Alimentação da lâmpada de filamento de tungsténio

A lâmpada disponível no laboratório aceita uma tensão máxima de alimentação de 13 V. Para evitar sobrecargas o circuito de alimentação inclui uma resistência previamente ajustada em série com a fonte. A tensão fornecida à lâmpada e a corrente que a atravessa são medidas por dois multímetros inseridos no circuito. Para uma tensão de alimentação da lâmpada V , a resistência do filamento será $R=V/I$ sendo I a corrente que atravessa a lâmpada. A resistência desta lâmpada medida a 292.35K foi de 0.4911Ω , o quociente $R/0.4911$ é igual ao quociente entre as resistividades do tungsténio á temperatura de funcionamento e a 292.35K. A tabela de resistividades anexa (tab2.jpg) permite determinar a temperatura do filamento da lâmpada.

3- Alinhamento do prisma no goniómetro

Para a correcta utilização do sistema prisma + goniómetro é necessário alinhar o prisma de dispersão, para tal determina-se em primeiro lugar o ângulo (lido na escala) correspondente à posição da face do prisma de entrada da radiação normal ao feixe incidente. Liga-se a alimentação da lâmpada ajustando a tensão da fonte de modo a que $V=12V$ e coloca-se sobre a lente de saída da radiação a máscara com fenda vertical, roda-se o prisma até que o feixe reflectido coincida com o incidente e determina-se o valor indicado na escala. Roda-se agora o prisma no sentido anti-horário fazendo incidir a radiação refractada sobre um alvo temporário de modo a determinar a orientação do prisma correspondente ao ângulo de desvio mínimo da radiação para a gama do vermelho do espectro visível. Desvia-se o prisma um pouco desta orientação no sentido horário, fixa-se a sua posição e anota-se o ângulo correspondente. A diferença entre as duas leituras registadas corresponde ao ângulo θ de incidência da radiação no prisma.

4- Medição da intensidade da radiação refractada para diferentes ângulos de refacção

Ajusta-se a tensão da fonte para 12V. Retira-se a cobertura do braço do detector assim como a cobertura da entrada do braço do detector e roda-se o braço do goniómetro até observar a região verde do espectro visível a incidir na abertura do detector, mede-se o ângulo correspondente. Colocam-se de novo as coberturas anteriormente removidas e liga-se o microvoltímetro na escala mais sensível. Como o detector é afectado pelo ruído térmico circundante, é necessário fazer a sua compensação anulando a leitura do microvoltímetro, pressionando para isso o interruptor existente para esse efeito.

Tira-se a cobertura da entrada do braço do detector e depois de duas ou três actualizações da medida faz-se a leitura, repondo de seguida a cobertura. Se quando se repuser a cobertura de entrada a leitura não for inferior a 3uV, deve repetir-se o processo de leitura.

Fazem-se de seguida medidas para 20 posições angulares do braço do detector separadas entre si de meio grau, efectuando 3 leituras válidas para cada ângulo e rodando o braço do detector no sentido horário. No final determina-se a posição angular do máximo de intensidade luminosa para esta tensão de alimentação da lâmpada. Repetem-se as medidas para as 20 posições angulares distintas para as tensões de alimentação da lâmpada de 9V e 6V, sendo necessário para cada uma destas tensões determinar a nova posição do máximo de intensidade. O ângulo δ correspondente a cada uma das posições angulares atrás registadas é dado pela diferença entre o ângulo γ referido em 1 e cada uma dessas posições angulares.

5- Análise dos resultados de I

Utilizando a expressão 1 e a curva de dispersão do prisma utilizado, comece por converter as leituras angulares feitas em comprimentos de onda.

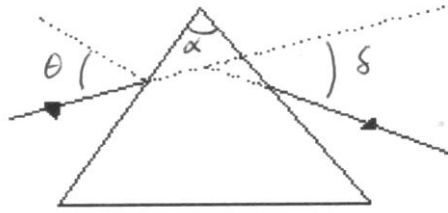
A partir da tabela da resistividade do tungsténio determine as temperaturas de trabalho que utilizou para o filamento.

Represente num gráfico intensidade versus comprimento de onda os seus dados experimentais para cada temperatura e a curva teórica (2) respectiva, normalizando as duas curvas para o ponto de intensidade máxima. Comente os resultados discutindo as discrepâncias observadas entre as curvas experimentais e as curvas teóricas. Calcule aproximadamente a partir dos seus dados a fracção da potência radiada pela lâmpada dentro do espectro visível para cada uma das temperaturas do filamento e comente o valor encontrado em termos de eficiência de iluminação desta lâmpada. (Considere como limites do espectro visível 370nm e 750nm). Determine qual a temperatura de um corpo negro com a máxima eficiência luminosa e o valor dessa eficiência, comente a temperatura encontrada.

Represente graficamente o comprimento de onda correspondente à máxima intensidade em função do inverso da temperatura absoluta e determine a constante de Wien. Comente os resultados.

$$n = \left\{ \sin^2(\theta) + [\sin(\delta - \theta + \alpha) + \cos(\alpha)\sin(\theta)]^2 / \sin^2(\alpha) \right\}^{1/2} \quad (1)$$

$$I_{\lambda} \Delta\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \left\{ e^{\frac{hc}{kT\lambda}} - 1 \right\}^{-1} \Delta\lambda \quad (2)$$



Execução de II

Coloque o detector a uma distância fixa da lâmpada e faça leituras da intensidade da radiação emitida para tensões de alimentação da lâmpada de 5V, 6V, 7V, 8V, 9V, 10V, 11V e 12V. Determine as temperaturas de trabalho correspondentes e represente graficamente o logaritmo da intensidade da radiação emitida versus o logaritmo da temperatura absoluta. Determine o declive da recta obtida e compare-o com o previsto pela Lei de Stefan. Tente relacionar o valor obtido com os resultados obtidos em I.

Execução de III

Coloque o detector a uma distância fixa do cubo e coloque a alimentação deste a 3/4 do máximo. Deixe estabilizar a temperatura das faces do cubo e registre o seu valor. Registre as medidas de intensidade de radiação emitida por cada uma das faces do cubo (o detector tem de estar colocado a uma distância fixa do cubo durante todos os ensaios). Repita as medições para a alimentação do cubo no seu valor máximo. Comente os resultados relativos às emissividades das diferentes superfícies à luz do teorema de Kirchhoff sobre a razão entre os poderes emissivo e de absorção de um corpo.